

Aus der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie

Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar

Direktor: Prof. Dr. med. T. Volk

---

Auswirkungen der Nachtdienstarbeit von Intensivpersonal auf die  
Qualität der kardio-pulmonalen Reanimation

**Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin der  
medizinischen Fakultät der**

**UNIVERSITÄT DES SAARLANDES**

**2015**

Vorgelegt von

Sebastian Franken

geboren am 25.02.1983 in Düsseldorf

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Zusammenfassung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Einleitung.....</b>	<b>5</b>
2.1 Hintergrund .....	5
2.2 Geschichte der kardio-pulmonalen Reanimation.....	5
2.3 Aktuelle Reanimationsleitlinien.....	7
2.3.1 Basismaßnahmen zur Wiederbelebung (Basic Life Support, BLS).....	8
2.3.2 Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene (Advanced Life Support, ALS) .....	11
2.4 Auswirkungen des Schichtdienstes auf die Qualität der kardiopulmonalen Reanimation Erwachsener .....	13
2.5 Fragestellungen .....	14
<b>3. Material und Methodik .....</b>	<b>15</b>
3.1 Probanden .....	15
3.2 Material .....	15
3.2.1 Resusci Anne™ .....	15
3.2.1.1 Beatmung .....	15
3.2.1.2 Herzdruckmassage .....	16
3.2.2 Laerdal PC SkillReporting System™ .....	16
3.2.3 SRM PowerControl VI™ .....	18
3.2.4 Borg-Skala .....	20
3.3 Versuchsaufbau .....	21
3.4 Untersuchungsreihen und Randomisierung.....	23
3.5 Durchführung der Untersuchungen .....	24
3.5.1 Einführung der Probanden.....	24
3.5.2 Ablauf der einzelnen Messungen .....	26

3.6 Statistische Auswertung .....	27
<b>4. Ergebnisse.....</b>	<b>28</b>
4.1 Probandenkollektiv.....	28
4.2 Kompressionsraten.....	28
4.3 Kompressionstiefen .....	31
4.4 Subjektives Anstrengungsempfinden.....	34
4.5 Herzfrequenzen .....	37
4.6 Blutdruckwerte .....	40
4.7 Abbruchquoten.....	43
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>44</b>
5.1 Wertung der Methodik.....	44
5.2 Diskussion der Ergebnisse .....	45
5.2.1 Einfluss der Nacharbeit.....	45
5.2.2 Qualität der Herzdruckmassage.....	46
5.2.2.1 Kompressionsrate.....	46
5.2.2.2 Kompressionstiefe.....	46
5.2.3 Körperliche Anstrengung .....	48
5.2.3.1 Subjektives Anstrengungsempfinden .....	48
5.2.3.2 Herzfrequenz .....	49
5.2.3.2.1 Ruhefrequenz .....	49
5.2.3.2.2 Herzfrequenz während der CPR.....	49
5.2.3.2.3 Herzfrequenz während der Erholungsphase.....	50
5.2.3.3 Blutdruck .....	50
5.3 Schlussfolgerung.....	51
<b>6. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>52</b>
<b>7. Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>57</b>

<b>8. Publikationen.....</b>	<b>58</b>
<b>9. Danksagung .....</b>	<b>59</b>

# 1. Zusammenfassung

Auswirkungen der Nachtdienstarbeit von Intensivpersonal auf die Qualität der kardiopulmonalen Reanimation

**Einleitung:** Die aktuellen Leitlinien (ERC 2010) zur Herz-Lungen-Wiederbelebung fordern bei der Durchführung der Herzdruckmassage eine Drucktiefe von 5-6 cm und eine Kompressionsrate von 100-120/min einzuhalten. Schichtarbeiter auf einer Intensivstation sind aufgrund vieler äußerer Faktoren besonderen Belastungen ausgesetzt. Es ist nicht bekannt, welchen Einfluss nächtliche Schichtarbeiten auf die Qualität der Herzdruckmassage und auf die körperliche Ermüdung des Helfers bei der Herz-Lungen-Wiederbelebung haben.

Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, ob sich die Qualität der kardiopulmonalen Reanimation und das auftretende Anstrengungsempfinden vor Beginn und nach Ende einer Nachtarbeit auf einer Intensivstation eines Krankenhauses der Maximalversorgung unterscheiden.

**Methodik:** Nach Genehmigung durch die Ethikkommission wurden 22 Pflegekräfte, die sich freiwillig zur Teilnahme an der Studie bereit erklärt hatten, in die Untersuchung eingeschlossen. Sie führten in randomisierter Reihenfolge vor Beginn und nach Ende einer Nachtschicht eine Herz-Lungen-Wiederbelebung ohne (CO CPR) und mit Beatmung (CV CPR) im Verhältnis von 30:2, jeweils über 10 Minuten am Übungsmodell (Laerdal Resusci Anne) durch. Die durchschnittliche Kompressionsrate und die durchschnittliche Kompressionstiefe wurden minütlich erfasst (T1-T10), das Anstrengungsempfinden wurde zu gleichen Zeiten mit einer modifizierten Borg Skala evaluiert. Die Herzfrequenz der Probanden wurde eine Minute vor Beginn der Herz-Lungen-Wiederbelebung (T0), minütlich während der Herz-Lungen-Wiederbelebung (T1-T10) und über weitere 5 Minuten während der Erholungsphase (T11-T15) bestimmt. Der Blutdruck wurde zu T0, T10 und T15 gemessen.

**Ergebnisse:** Bei der CO CPR lag die durchschnittliche Kompressionstiefe zu keiner Zeit vor oder nach der Nachtschicht innerhalb der geforderten Mindestdrucktiefe; nach der Nachtschicht war sie tendenziell geringer als vor der Nachtschicht und nahm stetig bis T10 in beiden Gruppen ab. Die durchschnittliche Kompressionstiefe bei der CV CPR lag vor der Nachtschicht zu T1 und T2 sowie nach der Nachtschicht zu T1 innerhalb der geforderten Mindestdrucktiefe,

war nach der Nachtschicht ebenfalls geringer als vorher und nahm bis T10 in beiden Gruppen stetig ab. Die durchschnittliche Kompressionsrate lag bei der COCPR mit Ausnahme von T5-T10 vor der Nachtschicht im geforderten Bereich von 100-120/min, stieg geringfügig über den Verlauf an und war nach der Nachtschicht tendenziell geringer als vorher. Bei der CVCPR war die durchschnittliche Kompressionsrate zu allen Zeiten im geforderten Bereich und nach der Nachtschicht tendenziell geringer als vorher. Das Anstrengungsempfinden unterschied sich weder bei der COCPR noch bei der CVCPR kaum zwischen vor und nach der Nachtschicht. Die Herzfrequenz war bei der COCPR zu T0-T3 und T12-T15 vor der Nachtschicht signifikant höher als nachher. Bei der CVCPR war dieser Unterschied signifikant zu T0, T1 und T11-T15. Der Blutdruck war vor der Nachtschicht in beiden Messgruppen tendenziell höher im Vergleich zu nach der Nachtschicht.

**Schlussfolgerung:** Die Qualität der Herzdruckmassage, gemessen anhand der erreichten Kompressionsfrequenzen und Kompressionsraten, ist nach einer Nachtschicht schlechter als vor einer Nachtschicht. Da sich die Probanden vor und nach einer Nachtschicht auf ein vergleichbares Anstrengungsniveau belasteten, spiegelt die Abnahme der Kompressionsraten und Kompressionstiefen direkt die Minderung der körperlichen Leistungsfähigkeit nach Ableistung eines Nachtdienstes wieder.

## Summary

Influence of night-shift work of intensive care staff on the quality of cardio-pulmonary resuscitation

**Introduction:** The current guidelines (ERC 2010) for cardiopulmonary resuscitation postulate a compression depth of 5-6 cm with a compression rate of 100-120/min while performing chest compression. Shift workers on an intensive care unit are exposed to particular stresses due to many external factors. It is not known what influence nocturnal shift work has on the quality of chest compressions and the physical fatigue of the helper in cardiopulmonary resuscitation.

The aim of the study was to examine the average compression depth and the average compression rate as well as the perceived exertion, the heart rate, and the blood pressure of intensive care staff as an indirect measurement of individual physical activity in the temporal comparison before and after a night shift.

**Methods:** After approval by the Ethics Committee, 22 nurses who had volunteered to participate were included in the study. They performed a cardiopulmonary resuscitation without (CO CPR) and with ventilation (CV CPR) in a ratio of 30:2 in a randomized order, each over 10 minutes on a manikin (Laerdal Resusci Anne) before the beginning and after the end of a night shift. The average compression rate and the average compression depth were recorded every minute (T1-T10); the perceived exertion was evaluated at the same times with a modified Borg scale. The heart rate of the participants was determined one minute before the start of cardiopulmonary resuscitation (T0), every minute during cardiopulmonary resuscitation (T1-T10), and a further 5 minutes during the recovery phase (T11-T15). Blood pressure was measured at T0, T10, and T15.

**Results:** In the CO CPR group, the average compression depth was at no time within the required minimum pressure depth before or after the night shift; after the night shift, they tended to be lower than before the night shift and decreased steadily down to T10 in both groups. The average compression depth in the CV CPR was at T1 and T2 before the night shift and at T1 after the night shift; within the required minimum compression depth, it was also lower after the night shift than before and decreased steadily in both groups until T10. The

average compression rate with the exception of T5 -T10 was in the group of COCPR before the night shift in the required range of 100-120/min and increased slightly over the course, tending to be lower after the night shift than before. In the CVCPR, the average compression rate was at all times within the required range and tended to be lower after the night shift than before. The perceived exertion neither in the COCPR nor in the CVCPR hardly differed between before and after the night shift. The heart rate was significantly higher in the COCPR at T0 -T3 and T12 -T15 before the night shift than after. In the CVCPR, this difference was significant at T0, T1, and T11 -T15. The blood pressure before the night shift tended to be higher before the night shift than after in both measured groups.

**Conclusion:** The quality of chest compressions as measured by the achieved compression frequencies and compression rates is worse after a night shift than before. Because the study participants strained themselves at a comparable level of effort before and after a night shift, the decrease of compression rate and compression depth directly reflects the loss of physical performance after completing a night shift.

## **2. Einleitung**

### **2.1 Hintergrund**

Die korrekte Durchführung der Herz-Lungen-Wiederbelebung bei Vorliegen eines Kreislaufstillstandes ist eine äußerst wichtige, lebensrettende Maßnahme, die nahezu von jedem Menschen erlernbar ist. Insbesondere wird von medizinischem Fachpersonal erwartet, dass diese Technik sicher beherrscht wird.

Jährlich versterben zwischen 350.000 und 700.000 Menschen in Europa präklinisch an einem plötzlichen Herztod; er ist damit eine der Haupttodesursachen (2, 30, 45). Für die Häufigkeit innerklinischer kardiopulmonaler Reanimationen gibt es weder für Europa, noch für die USA verlässliche Daten. In den USA rechnet man mit 370.000 – 750.000 innerklinischen Reanimationen jährlich, von denen vermutlich ein großer Teil auf Intensivstationen durchgeführt wird (20).

Aufgrund dieser hohen Fallzahlen besteht die Notwendigkeit zur frühzeitigen Erkennung von Hinweisen auf einen sich anbahnenden Herz-Kreislauf-Stillstand, zur steten Ausbildung in der korrekten Durchführung der Reanimationsmaßnahmen und zur weiteren Erforschung und Optimierung der Wiederbelebnungsmaßnahmen (39).

### **2.2 Geschichte der kardio-pulmonalen Reanimation**

Die historische Entwicklung der zurzeit gültigen Reanimationsmaßnahmen lässt sich bis in die Bibel zurückverfolgen. Dort wird beschrieben, wie der Prophet Elisa ein totes Kind durch eine Mund-zu-Mund-Beatmung wiederbelebt (33). Um das Jahr 1570 gelang es Vesalius erstmals ein Schilfrohr so in die Trachea eines lebenden Tieres einzubringen, dass dieses darüber beatmet werden konnte (3, 13). Diese Fertigkeiten wurden zunächst jedoch nicht weiter verfolgt, so dass erst im 18. Jahrhundert weitere Entwicklungen folgten.

Zu dieser Zeit beschäftigten sich Ärzte und Wissenschaftler vermehrt mit der Rettung von ertrunkenen Menschen. 1740 postulierte die Pariser Academy of Science die Mund-zu-Mund-Beatmung bei Ertrunkenen und 1744 wurde diese Methode das erste Mal von Tossach erfolgreich bei einem Menschen angewendet (3, 13). De Haen nutzte 1783 als erster einen Blasebalg für eine künstliche Beatmung mit positivem Druck. Fast 75 Jahre später entwickelte Hall die Armzug-Methode, bei der durch das Anheben der Arme eine Inspiration erreicht

werden sollte. 1861 wurde diese Technik durch Silvester zur Rückendruck-Armzug-Methode dahingehend modifiziert, dass durch aktiven Druck auf den Brustkorb eine Expiration ermöglicht werden sollte (11, 46). Verschiedene Varianten dieser Technik wurden bis in die 60iger Jahre des letzten Jahrhunderts als künstliche Beatmungsverfahren im Rahmen der kardiopulmonalen Wiederbelebensmaßnahmen eingesetzt.

Die Herzdruckmassage wurde ebenso wie die künstliche Beatmung zunächst am Tiermodell erforscht. Schiff führte im Jahr 1874 als erster eine zunächst erfolglos verlaufende Herzdruckmassage am offenen Brustkorb toter Hunde durch (13, 31). Der erste Versuch der Herzdruckmassage am geschlossenen Brustkorb folgte 1878 durch Boehm an lebenden Katzen (13, 32). In den Jahren 1885 bis 1895 gelangen König und Maass acht erfolgreiche Wiederbelebungen durch Herzdruckmassage am geschlossenen Brustkorb lebender Menschen (13, 28). Danach verlor diese Methode wieder an Bedeutung und wich der Herzdruckmassage am geöffneten Brustkorb, die von Tuffier und Hallion 1898 erstmals erfolgreich durchgeführt wurde (4, 13, 50). Erst 1958 wurde die Herzdruckmassage am geschlossenen Brustkorb durch Knickerbocker zufällig wiederentdeckt. Er erkannte beim Versuch der externen Defibrillation von Hunden, dass durch den Druck der Paddles auf den Brustkorb der arterielle Blutdruck steigt. Kouwenhoven führte diese Methode anschließend wieder in die Patientenversorgung ein, wo sie bis heute etabliert ist (11, 32).

Die Therapie des Kammerflimmerns mittels Defibrillation wurde erst später entdeckt. Zehn Jahre nachdem 1889 von McWilliam erstmals ein Herzstillstand durch ventrikuläres Flimmern beschrieben worden war (11, 34), lösten Prevost und Battelli mit einem Stromschlag ein ventrikuläres Flimmern am offenen Herzen eines Hundes aus und beendeten dieses durch einen erneuten Stromschlag, der Defibrillation (11, 40). Die Forscher Gurvich und Yuniev aus der ehemaligen Sowjetunion führten 1939 erfolgreich die erste externe Defibrillation an einem Hund durch (11, 21). Beck konnte als erster erfolgreich eine interne Defibrillation und Zoll 1955 eine externe Defibrillation am Menschen durchführen (5, 11, 54). Im Jahr 1979 wurde dann der erste tragbare Defibrillator entwickelt und 1981 die Anwendung eines implantierbaren Defibrillators erforscht (11, 14, 37).

Die Einzelmaßnahmen der externen Herzdruckmassage, des Atemwegsmanagements und der künstlichen Beatmung wurden erstmals 1961 zusammengeführt und durch Safar und

Mitarbeiter veröffentlicht (11, 44). 1966 wurde daraufhin der erste Reanimationsalgorithmus entwickelt und an Übungspuppen der Firma Laerdal trainiert (11). Diese Anstrengungen führten zur Einführung des Advanced Cardiac Life Support (ACLS) durch die American Heart Association (AHA) im Jahr 1974 (38). ACLS ermöglichte eine strukturierte Ausbildung und Anwendung von erweiterten Maßnahmen in der Reanimation. Diese beinhalten neben der Herzdruckmassage, dem Atemwegsmanagement mittels endotrachealer Intubation, der künstlichen Beatmung und der externen Defibrillation auch die Anlage einer peripheren Venenverweilkanüle und die Injektion von Medikamenten wie Adrenalin und Atropin. Diese Algorithmen werden regelmäßig an den aktuellen Stand der Forschung angepasst, sodass eine evidenzbasierte Reanimation möglich wird. Zuletzt wurden diese Algorithmen 2010 aktualisiert (18). In Europa werden die Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation durch den European Resuscitation Council (ERC) veröffentlicht, der 1988 gegründet wurde und sich mit seinen Empfehlungen an die Guidelines der AHA anlehnt.

### **2.3 Aktuelle Reanimationsleitlinien**

Die aktuell gültigen Leitlinien wurden am 19.10.2010 durch den ERC veröffentlicht und ersetzen damit die Leitlinien aus dem Jahr 2005. Vorausgegangen war der Veröffentlichung eine evidenzbasierte Auswertung aktueller wissenschaftlicher Untersuchungen aus der Reanimationsforschung. Hieraus resultierte dann die Formulierung der neuen Leitlinie. Ziel war es, neue und überzeugende Erkenntnisse zu integrieren und wenn möglich, die Leitlinien zu vereinfachen, damit sie leichter zu lehren und zu erlernen sind. Erneute Aktualisierungen sind in einem 5-Jahres-Rhythmus geplant (39).

Die aktuellen Leitlinien teilen sich in 10 verschiedene Sektionen auf, die unter anderem auf die Basismaßnahmen der Reanimation Erwachsener (Basic Life Support, BLS) und auf die erweiterten Maßnahmen der Reanimation Erwachsener (Advanced Life Support, ALS) eingehen. Außerdem werden die Reanimation von Kindern (Paediatric Life Support), von Neugeborenen, die Versorgung eines akuten Koronarsyndroms und die Versorgung und Reanimation von Patienten unter besonderen Umständen, wie z.B. Elektrolytstörungen beschrieben. Es wird außerdem auf die Schulung der Leitlinien und die ethischen Fragen der Reanimation eingegangen.

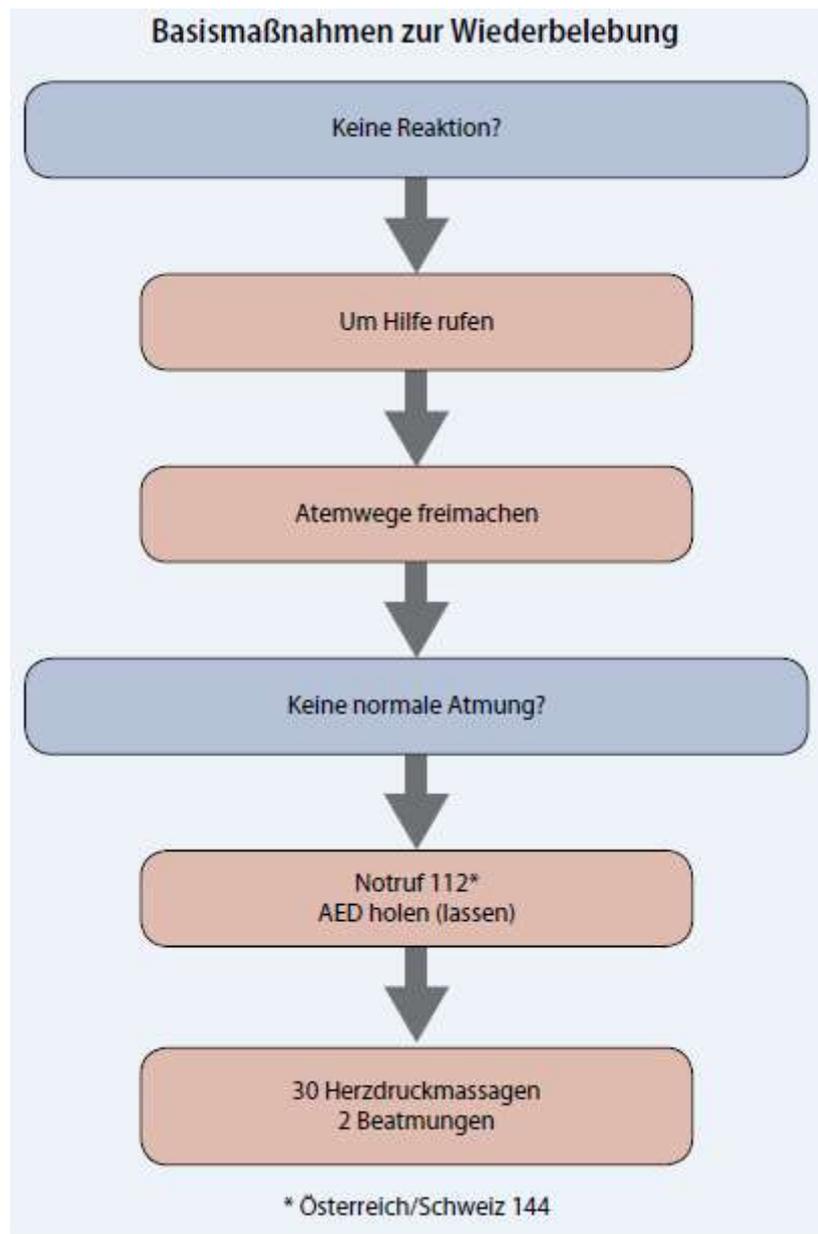
Der ERC formuliert für eine erfolgreiche Wiederbelebung eine Überlebenskette, die für Patienten mit Kammerflimmern, als auch für Patienten mit primär asphyktischem Kreislaufstillstand relevant ist. Sie besteht aus vier Kettengliedern:

- Frühes Erkennen eines Risikos für das Entstehen eines Kreislaufstillstands und rechtzeitige Alarmierung des Rettungsdienstes, noch bevor es zu einem Kreislaufstillstand kommen kann, z.B. bei Verdacht auf Myokardinfarkt (30).
- Frühe Wiederbelebung durch Notfallzeugen, wodurch die Überlebensrate im Vergleich zu Wiederbelebungen, die erst durch das später eintreffende Rettungsdienstpersonal begonnen werden, verdoppelt oder verdreifacht werden kann (25, 30, 51, 52). Auch wenn ausschließlich eine reine Herzdruckmassage ohne Beatmung durchgeführt wird sind die Ergebnisse besser, als wenn keine Maßnahme ergriffen wird (27, 30, 47).
- Frühe Defibrillation, innerhalb von 3-5 Minuten, wodurch die Überlebensrate auf 49-75% erhöht werden kann (30).
- Frühzeitiger Beginn erweiterter Maßnahmen der kardiopulmonalen Reanimation (ALS) und Einleitung standardisierter Reanimationsnachsorgemaßnahmen (30).

### **2.3.1 Basismaßnahmen zur Wiederbelebung (Basic Life Support, BLS)**

Die Basismaßnahmen zur Wiederbelebung (BLS) befassen sich unter anderem mit den Maßnahmen beim Auffinden einer bewusstlosen Person, der Überprüfung der Vitalzeichen, dem Freihalten der Atemwege und der Aufrechterhaltung von Atmung und Kreislauf eines Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand. Außerdem geben sie Empfehlungen zur Verwendung eines automatischen externen Defibrillators (AED) (30).

In Abb. 1 (Seite 9) ist ein Schema zum Ablauf der Basismaßnahmen einer Herz-Lungen-Wiederbelebung bei Erwachsenen gezeigt.



**Abbildung 1: Handlungsablauf zur Wiederbelebung Erwachsener gemäß den ERC Leitlinien von 2010 (55)**

Als erstes sollte der Helfer auf die eigene Sicherheit und die des Patienten achten. Falls eine sichere Umgebung nicht gewährleistet ist, zum Beispiel nach einem Verkehrsunfall oder nach einem Elektrounfall sollte zunächst eine sichere Umgebung aufgesucht oder geschaffen werden. Dabei kann auch die Hilfe durch Feuerwehr oder Polizei notwendig sein.

Nun muss das Bewusstsein des Patienten durch Ansprechen, Anfassen und Setzen eines Schmerzreizes überprüft werden. Wenn der Patient darauf reagiert, soll eine adäquate, situationsgerechte Versorgung durchgeführt werden; falls keine Reaktion erfolgt, muss der Helfer weitere Hilfe hinzurufen.

Im nächsten Schritt werden die Atemwege frei gemacht, indem der Patient auf den Rücken gedreht, der Hals überstreckt und das Kinn angehoben wird. Sind die Atemwege frei, muss die Atmung durch Sehen, Hören und Fühlen kontrolliert und falls Atemzüge vorhanden sind, diese als normal oder nicht normal eingestuft werden. Bei Unsicherheit gilt es die Atmung als nicht normal einzustufen. Nicht normale Atmung bezeichnet z.B. eine Schnappatmung, die bei bis zu 40% der Patienten mit Kreislaufstillstand vorliegt und mit einer erhöhten Überlebensrate einhergeht, wenn sie rechtzeitig als Zeichen eines Kreislaufstillstandes erkannt wird (7, 30). Die Überprüfung der Atmung darf nicht länger als zehn Sekunden dauern. Bei normaler Atmung wird eine stabile Seitenlage durchgeführt.

Wenn der Patient nicht atmet oder eine insuffiziente Atmung vorliegt, muss sofort ein Notruf abgesetzt oder um Hilfe gerufen werden, falls möglich sollten die Helfer ein AED-Gerät benutzen (30).

Anschließend wird mit der Herzdruckmassage begonnen. Der Patient muss dazu auf einer harten Unterlage gelagert und der Oberkörper freigemacht werden. Zur Durchführung der Herzdruckmassage soll der Helfer seitlich neben dem Patienten knien, den Ballen seiner Hand auf die Mitte des Brustkorbs des Patienten legen und den Ballen der anderen Hand darüber. Der Druck wird nun mit geraden, ausgestreckten Armen senkrecht auf den Brustkorb des Patienten übertragen. Die Kompressionstiefe sollte mindestens 5 cm, aber nicht mehr als 6 cm betragen und eine Druckfrequenz von 100-120/min erreichen („Push hard and fast“). Wichtig ist es, auf eine komplette Entlastung des Brustkorbs zu achten (30).

Nach 30 Herzdruckmassagen muss der Patient zweimal beatmet werden. Dafür muss der Helfer zunächst wieder die Atemwege frei machen und anschließend den Patienten Mund-zu-Mund beatmen. Es ist darauf zu achten, dass der Brustkorb des Patienten sich hebt; eine Beatmung sollte nicht länger als eine Sekunde dauern. Insgesamt müssen zwei Beatmungen in nicht länger als fünf Sekunden durchgeführt werden. Die Beatmungen können auch mit Hilfsmitteln wie Beatmungsmaske oder Beatmungsbeutel erfolgen. Anschließend wird wieder mit 30 Herzdruckmassagen begonnen und diese Maßnahmen in einem Verhältnis von 30:2 so lange durchgeführt, bis:

- professionelle Hilfe eintrifft,
- der Patient aufwacht, sich bewegt, die Augen öffnet, zu atmen beginnt oder
- der Helfer erschöpft ist (30).

Bei zwei oder mehr Helfern vor Ort sollte ein anderer Helfer nach jeweils zwei Minuten die Wiederbelebensmaßnahmen übernehmen, um eine Ermüdung und damit eine qualitativ schlechtere Herzdruckmassage zu vermeiden. Nach 1,5 – 3 Minuten haben Studien ein Nachlassen der durchschnittlichen Drucktiefe nachgewiesen (30, 48).

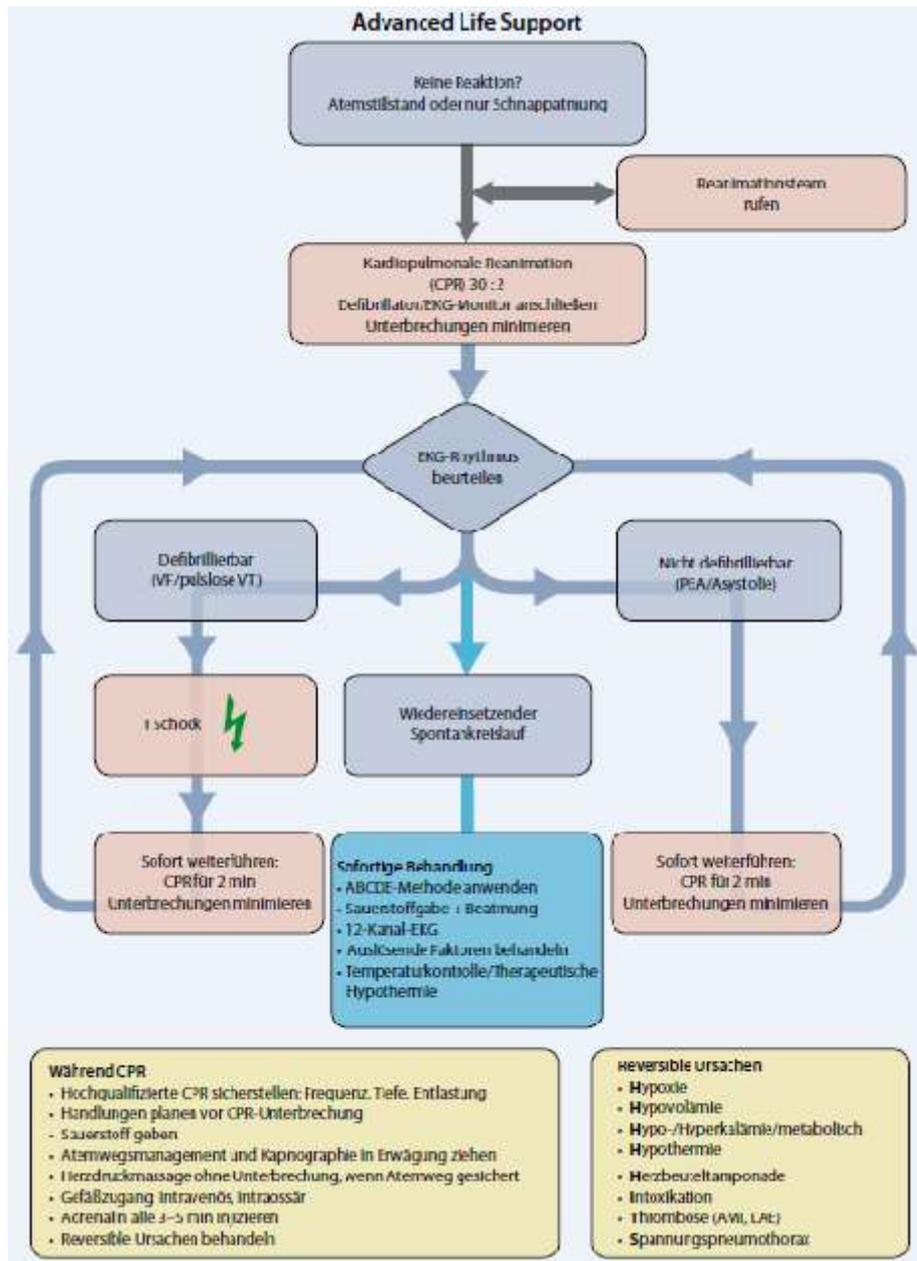
Für den Fall, dass ein Helfer nicht in der Lage ist den Patienten zu beatmen, wird explizit auch eine Herzdruckmassage ohne Beatmung als Alternative postuliert (30).

### **2.3.2 Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene (Advanced Life Support, ALS)**

Der Advanced Life Support (siehe Abb. 2, Seite 12) baut auf den Maßnahmen des Basic Life Support auf. Zu den erweiterten Maßnahmen gehören die Rhythmusanalyse, die Defibrillation, die Anlage eines intravenösen oder intraossären Zugangs mit Medikamentengabe, sowie die Atemwegssicherung (12).

Die Maßnahmen des ALS beginnen auch mit dem Auffinden des Patienten, dem Freimachen der Atemwege und anschließender Überprüfung der Atmung. Bei Atemstillstand oder nicht normaler Atmung wird zuerst Hilfe, innerklinisch z.B. in Form eines Reanimationsteams gerufen und mit der Herzdruckmassage, sowie mit der Beatmung im Verhältnis 30:2 begonnen. Dabei soll ebenfalls darauf geachtet werden, dass alle zwei Minuten der Helfer mit der Herzdruckmassage abgelöst wird, um einem Verlust der Effektivität der Herzdruckmassage entgegen zu wirken.

Sobald ein EKG-Gerät und ein Defibrillator vor Ort sind, wird das EKG-Gerät angeschlossen und so schnell wie möglich eine Rhythmusanalyse vorgenommen. Wenn ein defibrillierbarer Herzrhythmus vorliegt (Kammerflimmern oder eine pulslose ventrikuläre Tachykardie) soll der Defibrillator geladen und ein elektrischer Schock mit 360 Joule monophasisch oder 150 – 200 Joule biphasisch abgegeben werden (12). Die Unterbrechungen der Herzdruckmassage durch die Defibrillation sollten möglichst kurz gehalten werden (12, 16, 17). Nach erfolgter Defibrillation soll ein Abschnitt von fünf Zyklen Herzdruckmassage und Beatmung im Verhältnis 30:2 erfolgen.



**Abbildung 2: Handlungsablauf der erweiterten Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene gemäß den Leitlinien von 2010 (56)**

Anschließend erfolgt wieder eine Herzrhythmusanalyse mit eventueller Defibrillation. Diese Maßnahmen werden solange wiederholt, bis der Kreislauf wieder spontan einsetzt oder der Tod des Patienten festgestellt wird.

Nach der dritten erfolglosen Defibrillation erfolgt eine medikamentöse Therapie mit 1 mg Adrenalin und 300 mg Amiodaron über einen intravenösen oder intraossären Zugang. Adrenalin soll dann jeweils nach 3-5 Minuten erneut in der Dosis von 1 mg gegeben werden. Eine weitere Dosis von 150 mg Amiodaron kann erwogen werden (12).

Nun kann durch einen geübten Anwender eine Atemwegssicherung durchgeführt werden und eine kapnographische Überwachung erfolgen (12).

Wenn eine Asystolie oder eine pulslose elektrische Aktivität festgestellt wird, erfolgt die Behandlung in Analogie zu den defibrillierbaren Herzrhythmen, jedoch ohne Defibrillation und medikamentöse Behandlung mit Amiodaron (12).

Während der Durchführung der Reanimationsmaßnahmen sollen behebbare Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstandes ausgeschlossen oder wenn möglich behoben werden. Dazu gehören:

- Hypoxie
- Hypovolämie
- Hypo- oder Hyperkaliämie
- Hypothermie
- Hypoglykämie
- Herzbeuteltamponade
- Intoxikationen
- Thrombembolie
- Spannungspneumothorax
- Säure-Basenstörung.

## **2.4 Auswirkungen des Schichtdienstes auf die Qualität der kardiopulmonalen Reanimation Erwachsener**

In Deutschland sind ca. 12-15 % der Arbeitnehmer in Schichtarbeit tätig (43). Verschiedene ökonomische Faktoren, als auch die Notwendigkeit zur Präsenz rund um die Uhr, machen z.B. bei Polizei bzw. Bundesbahn oder im Krankenhaus die Nachtarbeit notwendig und unverzichtbar.

So zählt auch das ärztliche und pflegerische Personal auf Intensivstationen zur Personengruppe, von der aufgrund der 24-stündigen Versorgung von Patienten Schichtarbeit gefordert wird. Schichtarbeiter sind dabei infolge vieler äußerer Faktoren besonderen physischen und psychischen Belastungen ausgesetzt (29).

Bislang liegen keine Untersuchungen vor, die sich mit dem Einfluss der Schichtarbeit und insbesondere der Arbeit während der Nachtstunden auf die Qualität der Reanimationsmaßnahmen beschäftigen.

## **2.5 Fragestellungen**

Als Ziele für die vorliegende Studie wurden folgende Fragen im Einzelnen formuliert:

- Gibt es einen Unterschied in der Qualität der Herzdruckmassage vor und nach einer Nachtschicht auf der Intensivstation? Qualitätsmerkmale sollen die Kompressionstiefe und Kompressionsrate nach den aktuellen Guidelines des ERC von 2010 sein.
- Gibt es einen Unterschied in der körperlichen Anstrengung bei Durchführung einer Herzdruckmassage vor und nach einer Nachtschicht auf der Intensivstation? Qualitätsmerkmale sollen das subjektive Anstrengungsempfinden, die Herzfrequenz und der Blutdruck des Probanden sein.

## **3. Material und Methodik**

### **3.1 Probanden**

Nach Genehmigung durch die Ethikkommission der Universität des Saarlandes (Kenn-Nummer 111/08) und Aufklärung sowie schriftlicher Einwilligung wurden 22 Probanden in die Studie eingeschlossen.

Einschlusskriterien waren die aktuelle Tätigkeit auf einer der Intensivstationen der Universitätsklinik Homburg, Alter über 18 Jahre und die schriftliche Einverständniserklärung über die Teilnahme an der Studie.

Ausschlusskriterien waren:

- Medikamenteneinnahme von Substanzen die Blutdruck- oder Herzfrequenz-modulierend wirken (z.B.  $\beta$ -Blocker)
- Probanden mit kardialer oder pulmonaler Einschränkung
- Probanden, die in die Stufe III-IV der ASA-Klassifikation fallen
- Probanden mit skelletalen und muskulären Dysfunktionen oder sonstigen Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates, die gegen die Durchführung der Herzdruckmassage sprechen.

### **3.2 Material**

#### **3.2.1 Resusci Anne™**

Für die Durchführung der Studie wurde das Reanimations-Trainingsmodell Resusci Anne der Firma Laerdal®, Stavanger, Schweden verwendet (siehe Abb. 3, Seite 16). Das Ausbildungsmodell stellt einen Erwachsenen mittlerer Statur mit Torso, Extremitäten und Kopf dar und wurde für die realistische Simulation von Reanimationssituationen entwickelt (19).

##### **3.2.1.1 Beatmung**

Das Trainingsmodell ist sowohl mittels Mund zu Mund, als auch mittels Mund zu Nase zu beatmen. Weiterhin ist am Trainingsmodell auch eine Beutel-Masken-Beatmung möglich.

Befindet sich der Kopf des Trainingsmodells in Neutralposition ist eine Beatmung nicht möglich, die Atemwege sind verlegt. In die Lunge gelangt keine Luft, ähnlich der Situation einer bewusstlosen Person, deren Atemwege durch das Absinken des Zungengrundes verlegt sind.

Zur Beatmung muss durch den Übenden der Kopf rekliniert und das Kinn angehoben werden, um einen freien Atemweg zu erzielen (19).

Die Beatmung durch den Übenden ist über eine Gesichtsmaske möglich, die über einen Konnektor am Kopf der Puppe befestigt wird. Jeder Übende erhielt eine eigene Gesichtsmaske, die zuvor hygienisch aufbereitet wurde.

Während der Beatmung wird die Luft über einen Inspirationsschlauch zur Lunge transportiert. Die Lunge besteht aus einem Kunststoffbeutel der unterhalb des Thorax angebracht ist. Bei der Inspiration hebt sich der Thorax des Trainingsmodells, sodass durch den Übenden eine Erfolgskontrolle der Beatmung möglich ist. Die Expiration des Trainingsmodells erfolgt passiv infolge des Gewichts und der Elastizität des Thorax. Über einen Expirationsschlauch kann die Luft durch eine seitliche Öffnung am Torso entweichen.

### **3.2.1.2 Herzdruckmassage**

Die Herzdruckmassage kann wie beim Menschen durchgeführt werden. Den korrekten Druckpunkt muss die übende Person zuvor aufsuchen. Der Thoraxwiderstand entspricht in etwa dem Widerstand beim Menschen.



**Abbildung 3: Resusci Anne, Laerdal© (57)**

### **3.2.2 Laerdal PC SkillReporting System™**

Zur Aufzeichnung der Reanimationsdaten der Probanden wurde das Laerdal PC SkillReporting System© der Firma Laerdal, Stavanger, Schweden verwendet. Über ein Datenkabel, das an der Laerdal Resusci Anne und an einen PC angeschlossen wurde, konnten die übermittelten

Daten sofort auf dem PC aufgezeichnet werden. Dabei wurden die ermittelten Daten numerisch und graphisch über einen zeitlichen Verlauf angezeigt.

Das SkillReporting System ist in zwei übereinander liegenden graphischen Skalen angeordnet (siehe Abb. 4, Seite 18):

Die obere Skala zeigt den Verlauf der Beatmung in Milliliter Hubvolumen an. Als Grenzbereich für eine korrekte Beatmung wurde ein Volumen von 500 – 600 ml eingestellt, was den aktuellen ERC Leitlinien von 2010 zur Reanimation durch den Ersthelfer entspricht (30). Desweiteren wird eine zu starke Beatmung mit zu viel Druck und eine Fehlbeatmung durch eine inkorrekte Kopfreklination angezeigt.

Die untere Skala zeigt den Verlauf der Herzdruckmassage über die Zeit an. Dabei wird durch den Verlauf der angezeigten Kurve die Drucktiefe in Millimeter und die Druckfrequenz pro Minute angezeigt. Das System erkennt und registriert korrekt und nicht korrekt durchgeführte Herzdruckmassagen. Nach den Leitlinien des ERC von 2010 sind die Kriterien für eine korrekt durchgeführte Herzdruckmassage eine zu erreichende Drucktiefe von mindestens 5 cm und die korrekte Handposition auf der unteren Hälfte vom Brustbein des Trainingsmodells (30). Falsche Handpositionen und eine ungenügende Entlastung des Brustkorbs, die zu einer ineffizienten Herzdruckmassage führen würden, werden im Verlauf der Kurve markiert. Sobald es zu einer Unterbrechung der Herzdruckmassage durch den Probanden kommt, z.B. zur Beatmung des Trainingsmodells, errechnet das SkillReporting System automatisch die Frequenz, in der die Herzdruckmassage durchgeführt wurde und zeigt sie an. Dabei wurde als Grenze für eine korrekte Frequenz 100 – 120 Herzdruckmassagen pro Minute angegeben, was den aktuellen Leitlinien des ERC von 2010 entspricht (30).

Nach einer durchgeführten Messung war eine Auswertung durch das Programm möglich. Die Daten wurden in minütlichen Abständen ausgewertet. Dafür wurden die Daten unter einem anonymisierten Kürzel für den Probanden in einem Excel-Format gespeichert.

Folgende Daten wurden durch das Programm ausgewertet:

- Durchschnittlich durchgeführte Thoraxkompressionen pro Minute
- Durchschnittliche Kompressionstiefe in mm
- Durchschnittliche Kompressionsrate [n/min]



Abbildung 4: Laerdal PC Skillreporting System©

### 3.2.3 SRM PowerControl VI™

Das SRM PowerControl VI™ der Firma Schoberer Rad Meßtechnik SRM GmbH, Jülich, Deutschland, ist ein Trainingssystem, das ursprünglich für den Radsport entwickelt wurde. Dort wird es zur Optimierung der Leistungsfähigkeit der Sportler eingesetzt.

Zum Umfang eines kompletten SRM PowerControl VI™ Systems gehören die Software, der PowerControl VI™, ein PowerMeter™, ein Ladegerät, ein USB-Lade- und Auslekabel, ein Geschwindigkeitssender, ein Suunto-Herzfrequenzgurt und diverses Befestigungsmaterial zur Montage am Fahrrad.

Für die Studie wurde lediglich die Software, das PowerControl VI™, das Auslekabel und der Herzfrequenzgurt Smart Belt™ der Firma Suunto, Vantaa, Finnland, benötigt (Abb. 5, Seite 18). Das SRM PowerControl VI™ zeichnete die Herzfrequenz des Probanden während der Übung auf. Es wurde mit Hilfe des USB-Lade- und Auslekabel mit einem PC verbunden, auf dem die entsprechende Software zur Aufzeichnung und Auswertung der gemessenen Daten installiert

worden war. Die Daten übertrug der Suunto Herzfrequenzmessgurt kabellos auf das PowerControl VI™ und zeichnete sie alle 0,5 sec über die Software auf. Auf dem PC konnten während der Messung die gemessenen Daten numerisch und graphisch visualisiert werden. Nach der Messung konnten die Daten gespeichert und in eine Excel-Tabelle überführt werden. Der Smart Belt™ von Suunto ist ein moderner Herzfrequenz-Messgurt mit integriertem Sender für die drahtlose Übertragung. Um valide Daten zu erhalten ist es wichtig, den Smart Belt™ korrekt anzulegen, da ansonsten eine störungsfreie Übertragung der Daten unmöglich ist. Der Smart Belt muss dazu fest aber bequem um die Brust herum anliegen. Die Senderelektroden müssen auf der Innenseite angefeuchtet werden und in etwa über dem Xiphoid unterhalb der Mamillen liegen. Ein Einschalten des Smart Belt™ ist nicht notwendig, er aktiviert sich automatisch bei Kontakt mit der Haut. Ein Abgleich der durch den PowerControl VI© aufgezeichneten Herzfrequenz ist durch Palpation der Arteria radialis des Probanden notwendig. Ebenso sollte vor Verwendung des Smart Belt™ der Batteriezustand gemessen werden, um eine kontinuierliche Messung zu gewährleisten.



Abbildung 5: SRM Power Control VI© und Suunto Smart Belt™

### **3.2.4 Borg-Skala**

Zur Evaluation und Quantifizierung des individuellen Anstrengungsempfindens eines Probanden bei der Durchführung der Herzdruckmassage wurde eine modifizierte Borg-Skala angewendet.

Als Anstrengungsempfinden wird dabei die subjektive Einschätzung des Probanden bezeichnet, wie schwer oder anstrengend die geforderte Leistung ist. Dabei ist das Empfinden der Anstrengung individuell sehr unterschiedlich und wird durch mehrere Faktoren wie Atemnot, Atemarbeit, Angst, muskuläre Erschöpfung und Umgebungsfaktoren beeinflusst (9). Die Borg-Skala erlaubt dabei eine Aussage über den Grad der Beanspruchung und Belastung und wird vor allem in Testsituationen zur Bestimmung von Trainingsintensitäten in der Rehabilitation und im Sport genutzt. Als Hinweis einer Ausbelastung gelten Werte auf der Borg-Skala ab 17.

Klassischerweise wird die Borg-Skala (auch RPE-Skala = „ratings of perceived exertion“) als 15-stufige linear verlaufende Intervallskala, die von 6-20 eingeteilt ist, verwendet (siehe Abb. 6, Seite 21). Der Zahlenbereich entspricht der Herzfrequenz, dividiert durch 10. Die einzelnen Stufen sind an den ungeraden Zahlen mit interpretierenden Bezeichnungen, wie 7 = „sehr, sehr leicht“, 13 = „etwas anstrengender“ oder 19 = „sehr, sehr anstrengend“ versehen. Durch Testpersonen ist die Skala nach einer kurzen Einführung einfach zu handhaben und sofort anwendbar.

6	
7	Sehr, sehr leicht
8	
9	Sehr leicht
10	
11	Recht leicht
12	
13	Etwas anstrengender
14	
15	Anstrengend
16	
17	Sehr anstrengend
18	
19	Sehr, sehr anstrengend
20	

Abbildung 6: Verwendete Borg-Skala

### 3.3 Versuchsaufbau

Für die Studie stand ein Raum, das SimLab in einem Gebäude der Universitätsklinik Homburg zur Verfügung. Das SimLab ist in zwei Minuten zu Fuß von der Interdisziplinären operativen Intensivstation (IOI) zu erreichen.

Die Versuchsanordnung war so gewählt, dass der Proband durch sensorische Reize möglichst nicht abgelenkt werden konnte. Die Reanimationspuppe Resusci Anne wurde auf einer blauen Schaumstoffmatte in einer Ecke des SimLab mit dem Kopf zur Wand aufgebaut (siehe Abb. 7,

Seite 22 und Abb. 8, Seite 23). Auf der Schaumstoffmatte konnten die Probanden während der Herz-Lungen-Wiederbelebung bequem knien. Der Blick der Probanden war während der Simulation stets auf eine weiße Wand gerichtet, an der in Blickhöhe ein Plakat mit der Borg-Skala in ausreichender Schriftgröße aufgehängt war. Es war somit dem Probanden jederzeit möglich, sich neu über die Einteilung des Anstrengungsempfindens zu informieren. In der gegenüberliegenden Ecke des Raumes war ein Schreibtisch mit den benötigten PCs aufgebaut. Der Proband konnte während der Simulation nicht auf die registrierten Werte blicken, da dafür der Kopf von der Puppe gewendet werden musste und der Blick auf die Monitore durch den vor den PCs sitzenden Studienleiter versperrt war.



**Abbildung 7: Durchführung der Herz-Druck-Massage mit Blick auf die Borg-Skala**



**Abbildung 8: Mund-zu-Mund-Beatmung**

### **3.4 Untersuchungsreihen und Randomisierung**

Jeder Proband durchlief in randomisierter Reihenfolge vier Untersuchungsreihen.

Vor Beginn der Nachtschicht:

- Konventionelle Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR)
- Kontinuierliche Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR)

Nach Ende der Nachtschicht:

- Konventionelle Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR)
- Kontinuierliche Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR)

Wenn ein Proband z.B. mit der Herzdruckmassage mit Beatmung vor der Nachtschicht begonnen hatte, führte er auch nach der Nachtschicht eine Herzdruckmassage mit Beatmung durch, sodass eine direkte Vergleichbarkeit unter gleicher Tagesverfassung des Probanden möglich war.

Die Randomisierung wurde mit dem Randomizer for Clinical Trials der medizinischen Universität Graz, Österreich, durchgeführt (26). Es wurde randomisiert, ob ein Proband mit der COCPR oder mit der CVCPR beginnt.

### **3.5 Durchführung der Untersuchungen**

Der Ablauf der einzelnen Untersuchungen war standardisiert und wurde stets nach dem gleichen Schema durchgeführt.

Alle Probanden waren mit der auf den Intensivstationen der Universitätsklinik Homburg üblichen Dienstkleidung bekleidet.

Die Messreihen wurden unmittelbar vor Beginn (21:30 Uhr) und nach Ende (06:00 Uhr) der Nachtschicht durchgeführt.

#### **3.5.1 Einführung der Probanden**

Vor Beginn der ersten Untersuchungsreihe wurden die Probanden zunächst über Zweck und Ziel der Studie aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme. Es wurden personenbezogene, demographische Daten der Probanden erfasst. Dazu gehörten:

- Name
- Geschlecht
- Händigkeit des Probanden
- Alter
- Körpergröße in cm
- Körpergewicht in kg
- Armlänge in cm gemessen vom Tuberculum majus des Humerus bis zum distalen Radioulnargelenk in Neutral-Null-Position
- Sportliche Tätigkeit pro Woche

Die Daten wurden schriftlich in einer Tabelle festgehalten und der Name des Probanden durch ein Kürzel ersetzt.

Anschließend wurde dem Probanden die korrekte Anlage des Suunto Smart Belt™ demonstriert. Nach selbstständiger Anlage des Brustgurts wurde die korrekte Lage und Funktion überprüft, indem die durch den PowerControl VI angezeigte Herzfrequenz mit der palpatorisch an der Arteria radialis des Probanden gemessenen Herzfrequenz verglichen wurde.

Nun erfolgte die Aufklärung und Schulung über die korrekt durchzuführende Herzdruckmassage. Dazu wurde der Proband über die Leitlinien der Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener des ERC von 2010 belehrt (30). Folgende Fakten wurden explizit genannt:

- Korrekte Haltung: Neben die Puppe knien, das linke Bein in Höhe der Schulter des Simulators. Der Knieabstand soll in etwa dem Schulterabstand des Probanden entsprechen. Die Knie des Probanden sollen nah am rechten Arm der Puppe sein.
- Gestreckte Haltung der Arme.
- Beide Hände sollen übereinander und mit dem Finger ineinander verschränkt auf dem unteren Brustbeindrittel des Simulators sein.
- Es soll nur mit dem Handballen Druck ausgeübt werden.
- Korrektes Verhältnis von Herzdruckmassage zu Beatmung (30:2)
- Drucktiefe 5-6 cm bei voller Entlastung des Brustkorbs nach jeder Herzdruckmassage, dabei darf der Proband jedoch nicht mit den Händen vom Brustkorb abheben.
- Frequenz der Herzdruckmassage ca. 100-120/min
- 30 Herzdruckmassagen müssen eigenständig mitgezählt werden.
- Nach 30 Herzdruckmassagen sollen zwei Beatmungen Mund zu Mund durchgeführt werden. Dafür muss der Kopf der Puppe rekliniert (Kopf überstreckt) und die Nase der Puppe mit der rechten Hand zugehalten werden. Mit dem eigenen Mund den Mund der Puppe weit umschließen und sachte beatmen (ca. 500 ml). Vor der zweiten Beatmung selber Luft holen. (entfällt bei kontinuierlicher Herzdruckmassage ohne Beatmung)
- Herzdruckmassage fortführen und im Algorithmus 30:2 bleiben.

Nach der mündlichen Belehrung wurden die genannten Fakten durch den Versuchsleiter am Simulator demonstriert und nochmals erklärt. Der Proband hatte anschließend die Möglichkeit die korrekte Herzdruckmassage für maximal eine Minute zu üben. Durch den Versuchsleiter konnte, wenn erforderlich, korrigierend eingegriffen werden. Gleichzeitig wurden alle technischen Geräte und die Aufzeichnungssoftware auf ihr korrektes Arbeiten überprüft.

Zur Erholung des Probanden und um einen Einfluss der Übungssequenz auf die Messergebnisse zu vermeiden, wurde nun eine mindestens 5-minütige Pause eingehalten, in der dem Probanden der Umgang mit der Borg-Skala erläutert wurde.

### **3.5.2 Ablauf der einzelnen Messungen**

Jede einzelne Messreihe lief in der gleichen Reihenfolge ab. Begonnen wurde mit der auskultatorischen Messung des Blutdrucks des Probanden am linken Oberarm mit einer Blutdruckmanschette und einem Stethoskop nach Riva-Rocci. Nach der Messung nahm der Proband die eingeübte Position zur Durchführung der Herzdruckmassage neben dem Reanimationssimulator ein und verblieb dort für eine weitere Minute in Ruhe, um die Ruheherzfrequenz aufzuzeichnen.

Nach der Ruheminute wurde dem Probanden das Kommando zum Start der Herzdruckmassage gegeben. In der ersten Minute war es dem Versuchsleiter noch möglich korrigierend in die Leistung des Probanden einzugreifen, um evtl. auf eine unzureichende Herzdruckmassage hinzuweisen. Danach wurde der Proband nicht mehr hinsichtlich der Art der Durchführung beeinflusst.

Minütlich wurde der Proband aufgefordert, sein Anstrengungsempfinden auf der Borg-Skala einzuordnen. Dafür sprach der Versuchsleiter ihn an. Der Proband wusste allerdings vorher nicht, dass diese Erfassung minütlich geschieht, sodass der Proband nicht in der Lage war, die Dauer der Messung exakt abzuschätzen. Bei der Versuchsreihe mit der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung wurde durch den Versuchsleiter darauf geachtet, dass der Proband nicht durch das Abfragen der Borg-Skala im Zählen der 30 Herzdruckmassagen gestört wurde, sodass in dieser Versuchsreihe das Anstrengungsempfinden nicht immer exakt im Abstand von 60 Sekunden notiert werden konnte.

Nach Ablauf von 10 Minuten wurde die Herzdruckmassage beendet und sofort der Blutdruck des Probanden gemessen. Während einer 5-minütigen Erholungsphase zeichnete das Programm weiterhin die Herzfrequenz auf und der Versuchsleiter maß den Blutdruck minütlich. Der Proband saß dabei ohne Ablenkung auf einem Stuhl. Somit konnte ein Verlauf der Erholungsphase aufgezeichnet werden.

Es war dem Probanden bei kompletter körperlicher Erschöpfung möglich die Untersuchung jederzeit abubrechen. In diesem Fall wurde sofort mit der 5-minütigen Erholungsphase begonnen.

Während der gesamten Dauer der Messreihe von 16 Minuten zeichnete die SRM PowerControl VI™ Software kontinuierlich die Herzfrequenz auf und der Versuchsleiter notierte diese alle 30 Sekunden auf dem Versuchsprotokoll. Drucktiefe und Druckfrequenz wurden für die 10 Minuten der Herzdruckmassage kontinuierlich durch das PC SkillReporting

System™ aufgezeichnet. Der Blutdruck des Probanden wurde als Ausgangswert vor der Versuchsreihe und minütlich während der Erholungsphase erfasst.

### **3.6 Statistische Auswertung**

Die aufgezeichneten Ergebnisse wurden in Excel-Tabellen überführt. Die statistische Auswertung und graphische Darstellung erfolgte mit der Computersoftware SigmaStat 3.1 und SigmaPlot 9.0 (SPSS Science Software GmbH, Erkrath).

Von allen Messwerten wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Zum statistischen Vergleich zwischen den Gruppen wurde der Student's t-Test und innerhalb der Gruppen eine Varianzanalyse (one-way analysis of variance), gefolgt vom Student-Newman-Keuls-Test durchgeführt. Wenn die Voraussetzungen für einen parametrischen Test nicht erfüllt waren, wurden die entsprechenden nicht parametrischen Testverfahren (Mann-Whitney-U-Test und Friedman's Test) angewandt. Für den Vergleich von Häufigkeiten wurde der Vierfeldertest (Fisher's exakter Test bzw. Chi-Quadrat-Test) angewendet. P-Werte  $<0,05$  wurden als statistisch signifikant angesehen.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Probandenkollektiv

Die Probandengruppe bestand aus 22 Intensivpflegern bzw. -pflegerinnen. 21 Pflegerinnen und Pfleger arbeiteten auf der interdisziplinären operativen Intensivstation (IOI) und ein Pfleger auf der Intensivstation der Inneren Medizin (M307).

Alle Probanden nahmen freiwillig an der Studie teil und bekamen den zeitlichen Aufwand als Arbeitszeit vergütet.

	Probanden n=22
Alter (Jahre)	29±7,1
Größe (cm)	171,7±7,8
Gewicht (kg)	69,5±11
Geschlecht (m/w)	9/13
Händigkeit (R/L)	19/3
Armlänge (cm)	53,6±3,2
Sport (pro Woche)	2,1±2,2

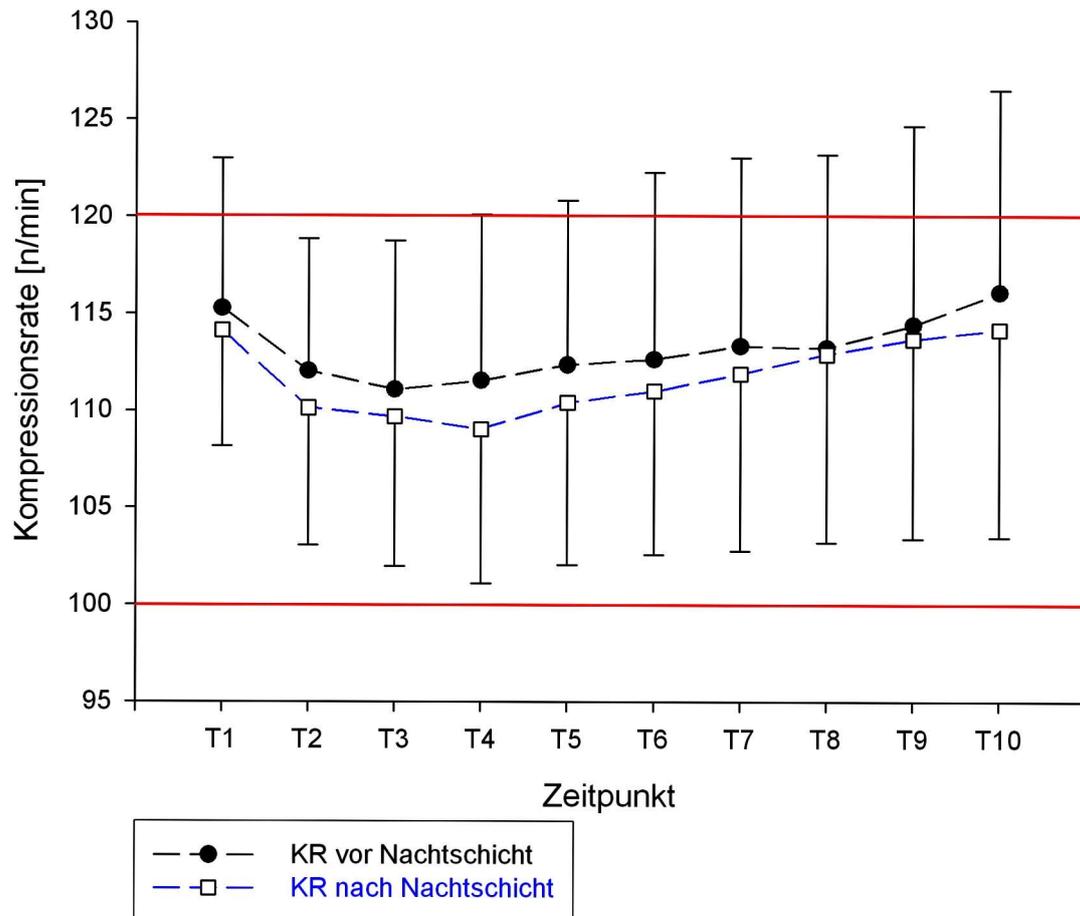
**Tabelle 1: Demographische Daten der Probanden**

Angaben als Mittelwerte ± Standardabweichung. Die Armlänge wurde vom Tuberculum majus des rechten Armes zum rechten Handgelenk in Neutral-Null-Methode gemessen.

### 4.2 Kompressionsraten

Die durchschnittliche Kompressionsrate der Herzdruckmassage wurde in einem Intervall von einer Minute jeweils gemittelt und über einen Zeitraum von 10 Minuten (T1-T10) notiert.

Nach der Nachtschicht war die durchschnittliche Kompressionsrate im Rahmen der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR) an allen Messzeitpunkten tendenziell, jedoch nicht signifikant niedriger im Vergleich zu den vor der Nachtschicht ermittelten Werten; dabei fand sich die größte Abweichung mit etwa 2,5 Herzdruckmassagen/min zum Zeitpunkt T4. Alle ermittelten Werte lagen im Bereich der vom ERC geforderten Kompressionsrate von 100-120/min (siehe Abb. 9, Seite 29)



**Abbildung 9: Kompressionsrate (KR) [n/min] bei der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR)**

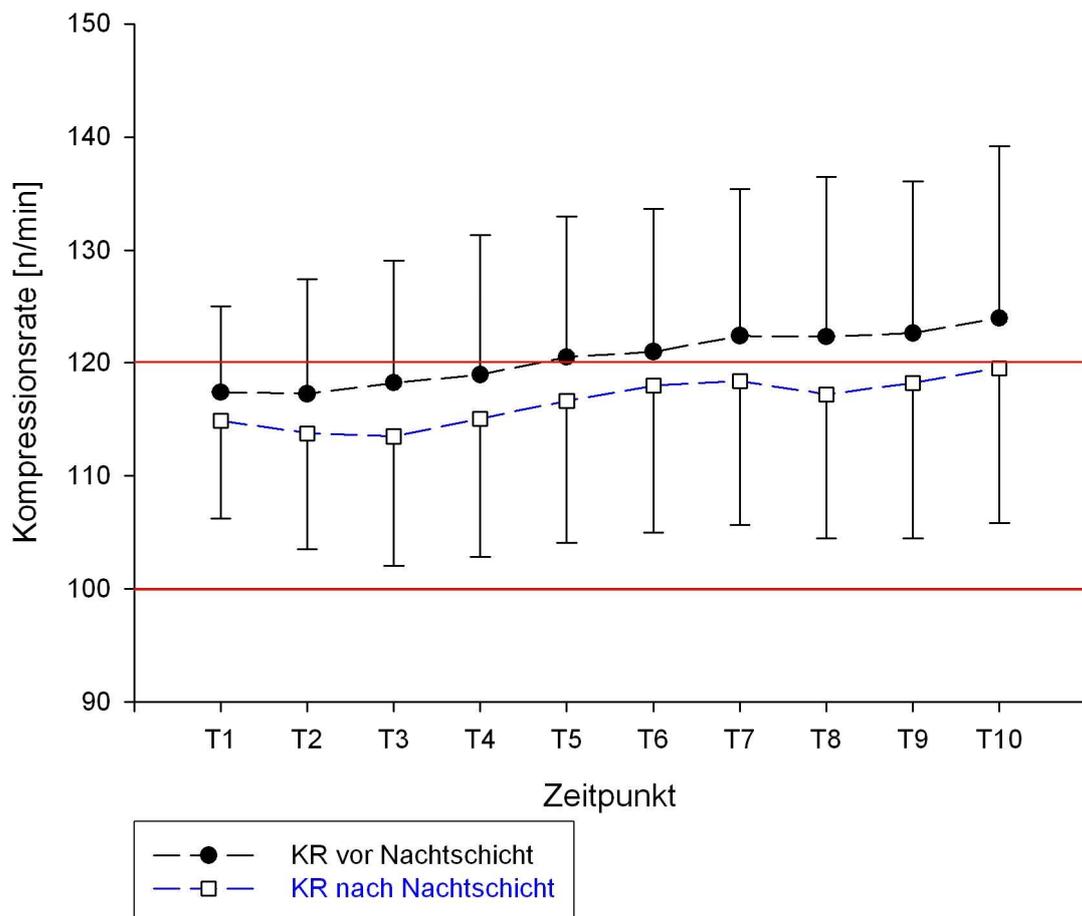
KR bei der CVCPR vor und nach einer Nachtschicht. Die roten Linien zeigen den von den ERC Leitlinien 2010 geforderten Zielbereich an. Alle Angaben als MW  $\pm$  SD. Während des Beobachtungszeitraums fanden sich keine signifikanten Unterschiede sowohl innerhalb als auch zwischen den Gruppen

	KR vor einer Nachtschicht	KR nach einer Nachtschicht
<b>T1</b>	115,27 $\pm$ 7,73	114,14 $\pm$ 5,94
<b>T2</b>	112,05 $\pm$ 6,81	110,14 $\pm$ 7,07
<b>T3</b>	111,09 $\pm$ 7,65	109,68 $\pm$ 7,71
<b>T4</b>	111,55 $\pm$ 8,54	109,05 $\pm$ 7,93
<b>T5</b>	112,36 $\pm$ 8,47	110,41 $\pm$ 8,37
<b>T6</b>	112,64 $\pm$ 9,64	111 $\pm$ 8,44
<b>T7</b>	113,32 $\pm$ 9,72	111,91 $\pm$ 9,15
<b>T8</b>	113,23 $\pm$ 9,96	112,91 $\pm$ 9,71
<b>T9</b>	114,41 $\pm$ 10,27	113,68 $\pm$ 10,27
<b>T10</b>	116,09 $\pm$ 10,44	114,18 $\pm$ 10,7

**Tabelle 2: Kompressionsrate [n/min] bei der CVCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

Alle Angaben als MW  $\pm$  SD. T1-T10 entsprechen den Messpunkten jeweils in der Minute 1 bis 10.

Nach der Nachtschicht war bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR) die Kompressionsrate ebenfalls tendenziell niedriger als vor der Nachtschicht. Auffällig war eine leichte Zunahme der Kompressionsrate über den Verlauf der 10-minütigen Studienphase, dabei lagen die Werte der durchschnittlichen Kompressionsrate vor der Nachtschicht ab dem Zeitpunkt T5 nicht mehr im vom ERC geforderten Zielbereich (siehe Abb. 10).



**Abbildung 10: Kompressionsrate (KR) [n/min] bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR)**

KR bei der COCPR vor und nach einer Nachtschicht. Die roten Linien zeigen den von den ERC Leitlinien 2010 geforderten Zielbereich an. Alle Angaben als MW  $\pm$  SD. Während des Beobachtungszeitraums fanden sich keine signifikanten Unterschiede sowohl innerhalb als auch zwischen den Gruppen

	<b>KR vor einer Nachtschicht</b>	<b>KR nach einer Nachtschicht</b>
<b>T1</b>	117,36 ±7,59	114,86 ±8,68
<b>T2</b>	117,23 ±10,23	113,73 ±10,23
<b>T3</b>	118,18 ±10,9	113,46 ±11,43
<b>T4</b>	118,91 ±12,43	115,05 ±12,21
<b>T5</b>	120,46 ±12,53	116,62 ±12,58
<b>T6</b>	120 ±12,7	117,95 ±12,97
<b>T7</b>	122,33 ±13,09	118,33 ±12,71
<b>T8</b>	122,25 ±14,22	117,17 ±12,71
<b>T9</b>	122,58 ±13,48	118,19 ±13,73
<b>T10</b>	123,89 ±15,29	119,5 ±13,69

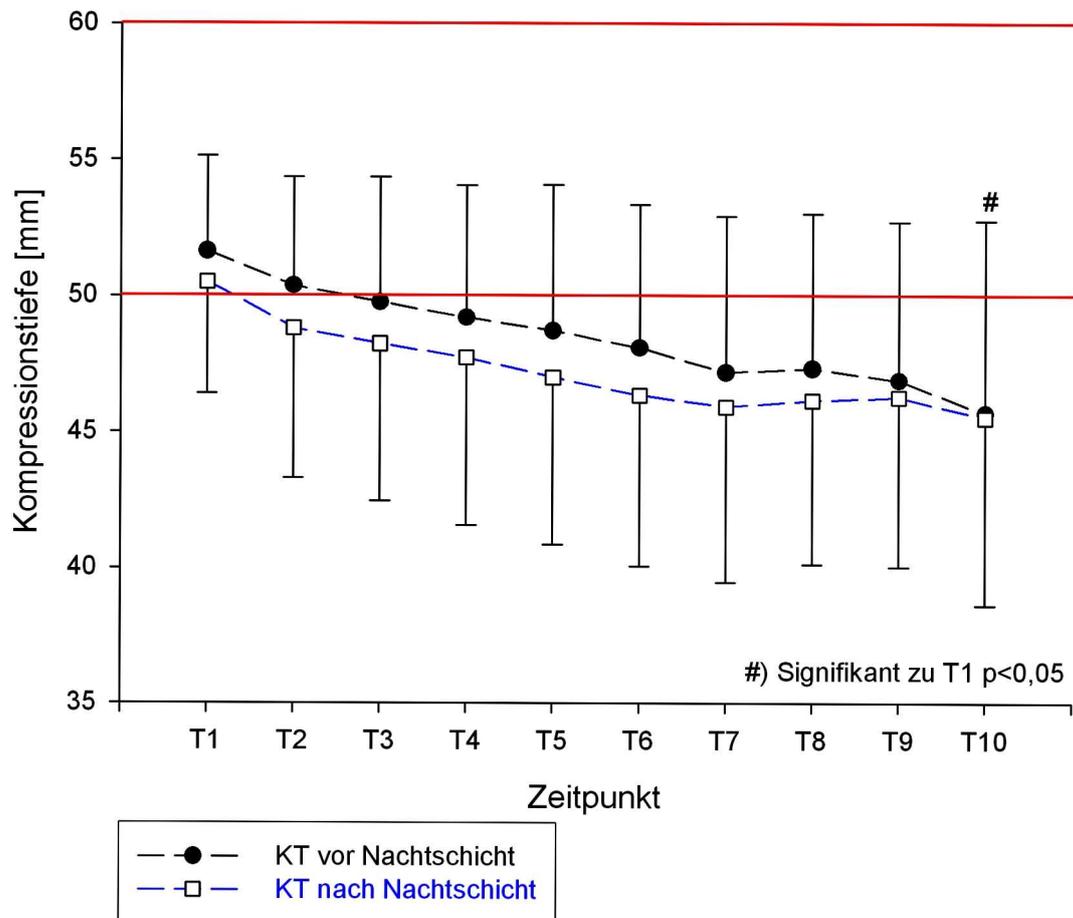
**Tabelle 3: Kompressionsrate [n/min] (KR) bei der COCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

Alle Angaben als MW ± SD. T1-T10 entsprechen den Messpunkten jeweils in der Minute 1 bis 10.

### 4.3 Kompressionstiefen

Die durchschnittliche Kompressionstiefe der Herzdruckmassage wurde in einem Intervall von einer Minute jeweils gemittelt und über einen Zeitraum von 10 Minuten (T1-T10) notiert.

Nach der Nachtschicht fiel die durchschnittliche Kompressionstiefe bei der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR) tendenziell geringer aus als vor der Nachtschicht. Insgesamt nahm sie in beiden Settings über die Zeit ab und fiel bei der Messung vor der Nachtschicht ab dem Zeitpunkt T3 und nach der Nachtschicht bereits ab T2 unter die von dem ERC geforderte Kompressionstiefe von 50 mm ab. Die Kompressionstiefe war bei T10 signifikant erniedrigt gegenüber dem Ausgangswert T1 ( $p < 0,05$ ) (siehe Abb. 11, Seite 32).



**Abbildung 11: Kompressionstiefe (KT) in mm bei der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR)**

KT bei der CVCPR vor und nach einer Nachtschicht. Die roten Linien zeigen den von den ERC Leitlinien 2010 geforderten Zielbereich an. Alle Angaben als MW ± SD.

	KT vor einer Nachtschicht	KT nach einer Nachtschicht
<b>T1</b>	51,63 ± 3,51	50,51 ± 4,01
<b>T2</b>	50,37 ± 4	48,81 ± 5,5
<b>T3</b>	49,77 ± 4,61	48,23 ± 5,78
<b>T4</b>	49,2 ± 4,85	47,73 ± 6,17
<b>T5</b>	48,71 ± 5,36	47,01 ± 6,15
<b>T6</b>	48,1 ± 5,26	46,34 ± 6,28
<b>T7</b>	47,18 ± 5,74	45,92 ± 6,45
<b>T8</b>	47,33 ± 5,7	46,16 ± 6,04
<b>T9</b>	46,89 ± 5,84	46,26 ± 6,23
<b>T10</b>	45,68 ± 7,01*	45,52 ± 6,9

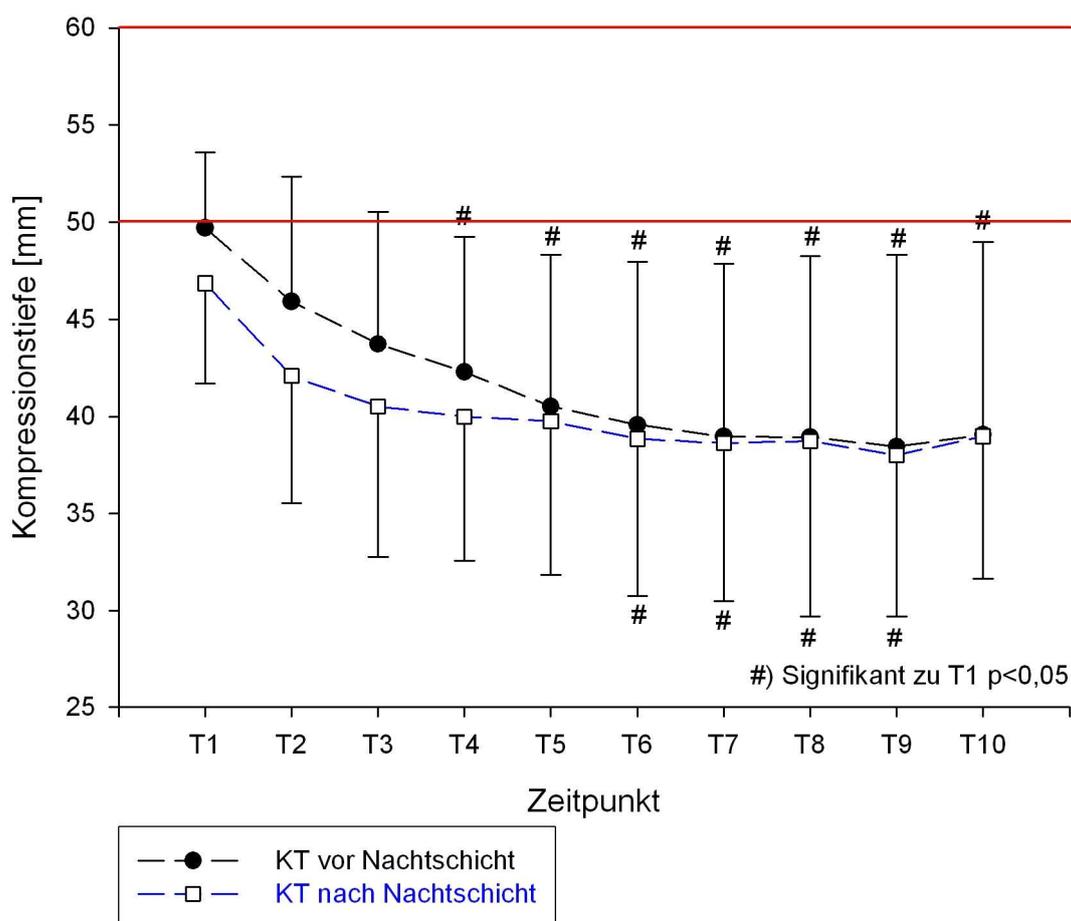
**Tabelle 4: Kompressionstiefe in mm (KT) bei der CVCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

Alle Angaben als MW ± SD. T1-T10 entsprechen den Messpunkten jeweils in der Minute 1 bis 10.

\*) Signifikant zu Zeitpunkt T1 p<0,05.

Bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung fand sich bis zum Zeitpunkt T4 eine tendenziell geringere Kompressionstiefe bei den Messungen nach der Nachtschicht im Vergleich zu den vor der Nachtschicht erhobenen Daten. Ab dem Zeitpunkt T5 lagerten sich die Graphen an und es gab kaum noch einen messbaren Unterschied. Ab dem Zeitpunkt T4 vor der Nachtschicht, bzw. T6 nach der Nachtschicht waren die Messwerte signifikant niedriger im Vergleich zur Ausgangsmessung T1 ( $p < 0,05$ ). Keiner der erreichten Messwerte lag im Bereich der in den ERC Leitlinien von 2010 geforderten Kompressionstiefe von 50-60mm (siehe Abb. 12).

Bei der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung wurde von den Probanden eher die geforderte Kompressionstiefe erreicht als bei der ununterbrochenen Herzdruckmassage ohne Beatmung.



**Abbildung 12: Kompressionstiefe (KT) in mm bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR)**

KT bei der COCPR vor und nach einer Nachtschicht. Die roten Linien zeigen den von den ERC Guidelines 2010 geforderten Zielbereich an. Alle Angaben als MW  $\pm$  SD.

	<b>KT vor einer Nachtschicht</b>	<b>DKT nach einer Nachtschicht</b>
<b>T1</b>	49,7 ±3,88	46,86 ±5,16
<b>T2</b>	45,92 ±6,43	42,08 ±6,53
<b>T3</b>	43,72 ±6,81	40,51 ±7,74
<b>T4</b>	42,3 ±7 <sup>*</sup>	39,99 ±7,41
<b>T5</b>	40,52 ±7,8 <sup>*</sup>	39,75 ±7,9
<b>T6</b>	39,57 ±8,4 <sup>*</sup>	38,85 ±8,08 <sup>*</sup>
<b>T7</b>	38,97 ±8,88 <sup>*</sup>	38,62 ±8,12 <sup>*</sup>
<b>T8</b>	38,93 ±9,34 <sup>*</sup>	38,73 ±9,04 <sup>*</sup>
<b>T9</b>	38,46 ±9,86 <sup>*</sup>	38,01 ±8,32 <sup>*</sup>
<b>T10</b>	39,07 ±9,92 <sup>*</sup>	38,98 ±7,33

**Tabelle 5: Kompressionstiefe in mm (KT) bei der COCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

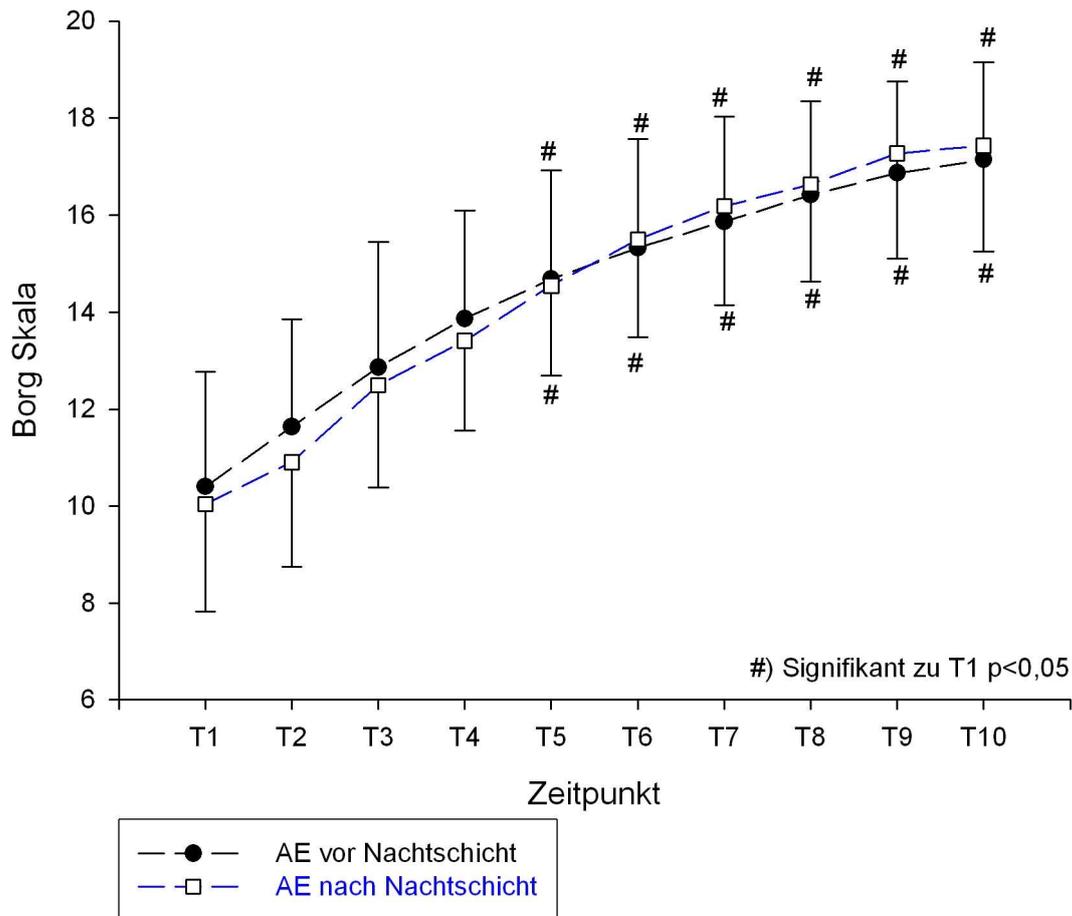
Alle Angaben als MW ± SD. T1-T10 entsprechen den Messpunkten jeweils in der Minute 1 bis 10.

<sup>\*</sup>) Signifikant zu Zeitpunkt T1 p<0,05

#### **4.4 Subjektives Anstrengungsempfinden**

Das subjektive Anstrengungsempfinden wurde minütlich in einem Zeitraum von 10 Minuten nach einer modifizierten Borg-Skala abgefragt und notiert. Die Graphen stellen die Mittelwerte ± Standardabweichung zu den Zeitpunkt T1 bis T10 dar.

Das subjektive Anstrengungsempfinden war sowohl bei der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR) als auch bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR) vor und nach der Nachtschicht sehr ähnlich. Ab dem Zeitpunkt T5, bzw. T4 bei der ununterbrochenen Herzdruckmassage vor der Nachtschicht, waren die Werte signifikant erhöht im Vergleich zum Ausgangswert T1, was eine Zunahme der Anstrengung über die Zeit zeigte (p<0,05) (siehe Abb. 13 Seite 35 und Abb. 14, Seite 36)



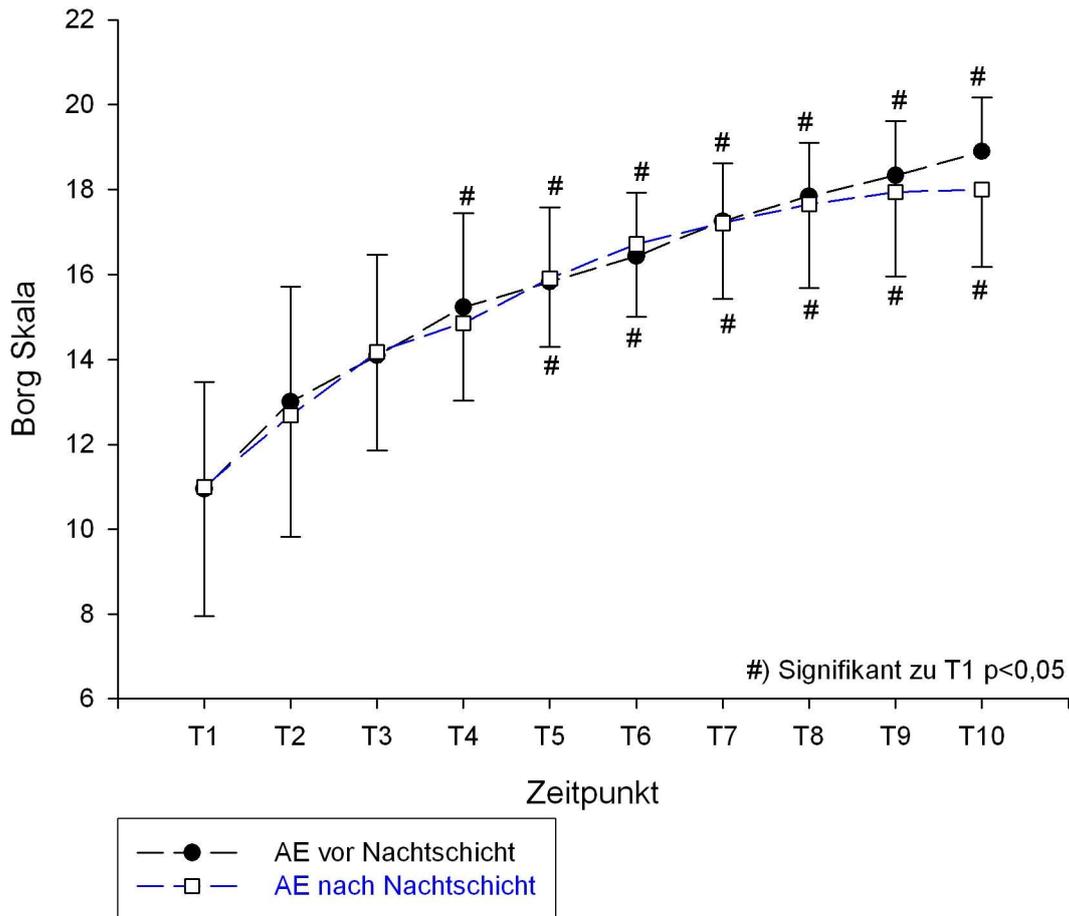
**Abbildung 13: Anstrengungsempfinden (AE) bei der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR)**

AE auf einer modifizierten Borg Skala bei der CVCPR vor und nach einer Nachtschicht. Alle Angaben als MW ± SD.

	AE vor einer Nachtschicht	AE nach einer Nachtschicht
<b>T1</b>	10,41 ± 2,36	10,05 ± 2,21
<b>T2</b>	11,64 ± 2,22	10,91 ± 2,16
<b>T3</b>	12,86 ± 2,59	12,5 ± 2,11
<b>T4</b>	13,86 ± 2,23	13,41 ± 1,84
<b>T5</b>	14,68 ± 2,23*	14,55 ± 1,85*
<b>T6</b>	15,32 ± 2,26*	15,5 ± 2,02*
<b>T7</b>	15,86 ± 2,17*	16,18 ± 2,04*
<b>T8</b>	16,41 ± 1,94*	16,64 ± 2,01*
<b>T9</b>	16,86 ± 1,89*	17,27 ± 2,16*
<b>T10</b>	17,14 ± 2,01*	17,43 ± 2,18*

**Tabelle 6: Anstrengungsempfinden (AE) auf einer modifizierten Borg Skala bei der CVCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

Alle Angaben als MW ± SD. T1-T10 entsprechen den Messpunkten jeweils in der Minute 1 bis 10. \*) Signifikant zu Zeitpunkt T1 p<0,05



**Abbildung 14: Anstrengungsempfinden (AE) bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR).**

AE auf einer modifizierten Borg Skala bei der COCPR vor und nach einer Nachtschicht. Alle Angaben als MW ± SD.

	AE vor einer Nachtschicht	AE nach einer Nachtschicht
<b>T1</b>	10,96 ± 2,52	11 ± 3,04
<b>T2</b>	13 ± 2,71	12,68 ± 2,85
<b>T3</b>	14,09 ± 2,37	14,18 ± 2,32
<b>T4</b>	15,23 ± 2,22*	14,86 ± 1,82
<b>T5</b>	15,82 ± 1,76*	15,91 ± 1,61*
<b>T6</b>	16,43 ± 1,5*	16,71 ± 1,71*
<b>T7</b>	17,25 ± 1,37*	17,21 ± 1,78*
<b>T8</b>	17,84 ± 1,26*	17,65 ± 1,97*
<b>T9</b>	18,33 ± 1,28*	17,94 ± 1,98*
<b>T10</b>	18,89 ± 1,28*	18 ± 1,81*

**Tabelle 7: Anstrengungsempfinden (AE) auf einer modifizierten Borg Skala bei der COCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

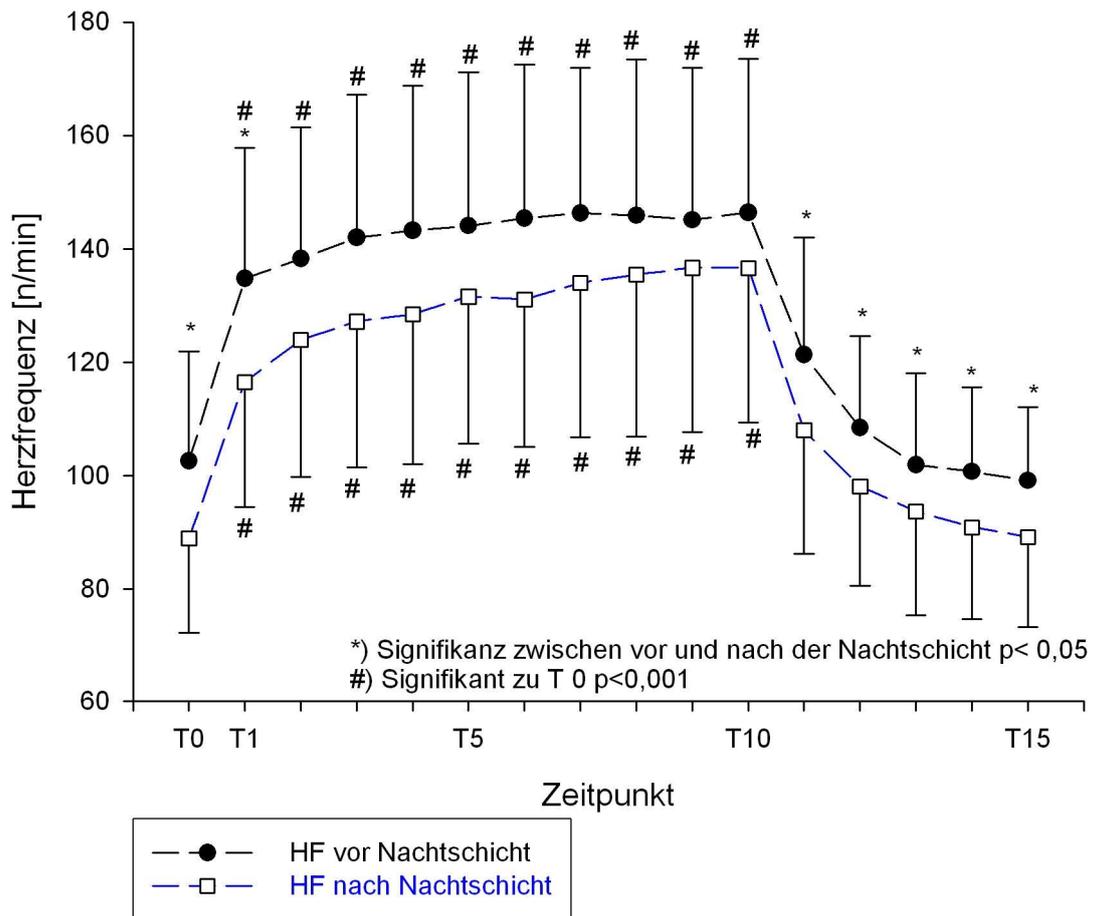
Alle Angaben als MW ± SD. T1-T10 entsprechen den Messpunkten jeweils in der Minute 1 bis 10.

\*) Signifikant zu Zeitpunkt T1 p<0,05

## 4.5 Herzfrequenzen

Die Daten zur Herzfrequenz der Probanden wurden minütlich über einen Zeitraum von 16 Minuten aufgezeichnet. T0 entspricht der Ruhefrequenz vor Beginn der Herzdruckmassage. T1-T10 geben die Werte während der Herzdruckmassage an und T11-T15 die anschließende 5-minütige Erholungsphase.

Die von den Probanden aufgezeichneten Herzfrequenzen beim Setting der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR) lagen nach der Nachtschicht unter denen vor der Nachtschicht aufgezeichneten Werten, wobei die Unterschiede zu den Zeitpunkten T0, T1 und T11-T15 signifikant waren ( $p < 0,05$ ). Die Werte T1-T10, also während der Durchführung der Herzdruckmassage waren signifikant höher im Vergleich zum Ruhepuls zum Zeitpunkt T0 ( $p < 0,05$ ) (siehe Abb. 15).



**Abbildung 15: Herzfrequenz (HF) bei der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR)**  
 HF der Probanden bei der CVCPR, sowie Ruhefrequenz vor der Durchführung und durchschnittliche Herzfrequenz während einer 5-minütigen Erholungsphase nach der Übung. Alle Messungen jeweils vor und nach der Nachtschicht gemessen. Alle Angaben als MW  $\pm$  SD.

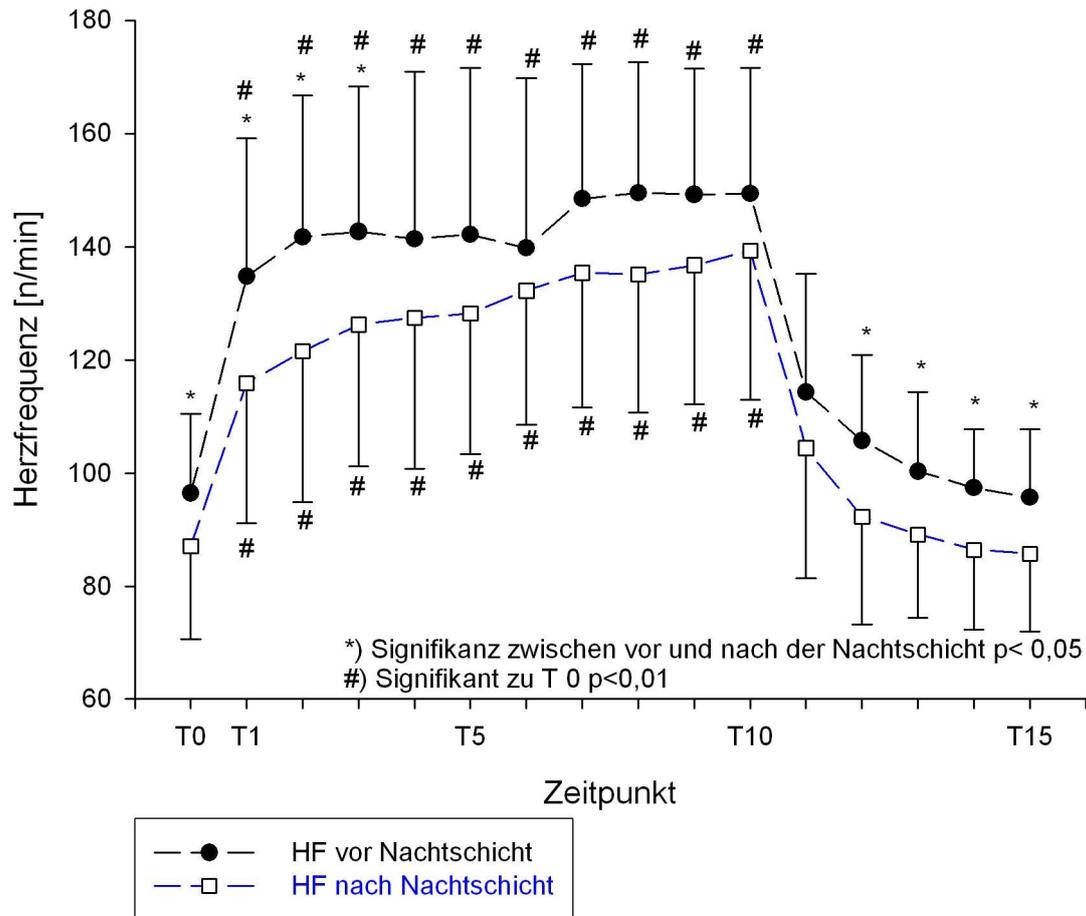
	HF vor einer Nachtschicht	HF nach einer Nachtschicht
T0	102,57 ±19,3 °	88,98 ±16,86 °
T1	134,76 ±23,07 ° *	116,48 ±22,03 °
T2	138,24 ±23,23 *	123,95 ±24,24 *
T3	141,95 ±25,19 *	127,16 ±25,68 *
T4	143,19 ±25,57 *	128,42 ±26,36 *
T5	144,05 ±27,04 *	131,55 ±25,89 *
T6	145,38 ±27,08 *	131,05 ±26 *
T7	146,29 ±25,65 *	134 ±27,2 *
T8	145,86 ±27,54 *	135,45 ±28,58 *
T9	145,1 ±26,83 *	136,63 ±28,95 *
T10	146,4 ±27,1 *	136,6 ±27,22 *
T11	121,32 ±20,71 °	108,05 ±21,9 °
T12	108,41 ±16,18 °	98,09 ±17,5 °
T13	101,86 ±16,2 °	93,68 ±18,28 °
T14	100,68 ±14,89 °	90,86 ±16,23 °
T15	99,14 ±12,9 °	89,14 ±16,07 °

**Tabelle 8: Herzfrequenz (HF) der Probanden bei der VCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

Alle Angaben als MW ± SD. T0 entspricht der Ruhefrequenz vor Beginn der Herzdruckmassage. T1-T10 entsprechen den Messpunkten jeweils in der Minute 1 bis 10 während der Herzdruckmassage. T11-T15 entsprechen der Erholungsphase in den Minuten 11-15.

°)Signifikanz zwischen vor und nach Nachtschicht  $p < 0,05$  \*) Signifikant zu Zeitpunkt T1  $p < 0,05$ .

Bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR) war ebenfalls eine höhere Herzfrequenz vor der Nachtschicht als nach der Nachtschicht zu erkennen, die zu den Zeitpunkten T0, T1-T3 und T12-T15 signifikant war ( $p < 0,05$ ). Die Werte zu T1-T10 waren signifikant höher im Vergleich zum Zeitpunkt T0 ermittelten Ruhepuls ( $p < 0,05$ ) (siehe Abb. 16, Seite 39).



**Abb. 16: Herzfrequenz (HF) bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR)**

HF der Probanden bei der COCPR, sowie Ruhefrequenz vor der Durchführung und durchschnittliche Herzfrequenz während einer 5-minütigen Erholungsphase nach der Übung. Alle Messungen jeweils vor und nach der Nachtschicht gemessen. Alle Angaben als MW  $\pm$  SD.

	HF vor einer Nachtschicht	HF nach einer Nachtschicht
T0	96,46 ±14,02 °	87,09 ±16,57 °
T1	134,75 ±24,42 ° *	115,95 ±24,73 ° *
T2	141,7 ±24,97 ° *	121,52 ±26,61 ° *
T3	142,62 ±26,69 ° *	126,23 ±25 ° *
T4	141,38 ±29,55 *	127,41 ±26,59 *
T5	142,14 ±29,44 *	128,18 ±24,79 *
T6	139,74 ±30,08 *	132,23 ±23,62 *
T7	148,44 ±23,79 *	135,38 ±23,78 *
T8	149,47 ±23,14 *	135,1 ±24,37 *
T9	149,19 ±22,24 *	136,74 ±24,54 *
T10	149,38 ±22,23 *	139,22 ±26,23 *
T11	114,32 ±20,87	104,46 ±23,04
T12	105,73 ±15,17 °	92,32 ±19,19 °
T13	100,33 ±14,06 °	89,18 ±14,73 °
T14	97,41 ±10,4 °	86,46 ±14,2 °
T15	95,76 ±12,03 °	85,73 ±13,81 °

**Tabelle 9: Herzfrequenz (HF) der Probanden bei der CO CPR vor und nach einer Nachtschicht.**

Alle Angaben als MW ± SD. T0 entspricht der Ruhfrequenz vor Beginn der Herzdruckmassage. T1-T10 entsprechen den Messpunkten jeweils in der Minute 1 bis 10 während der Herzdruckmassage. T11-T15 entsprechen der Erholungsphase in den Minuten 11-15.

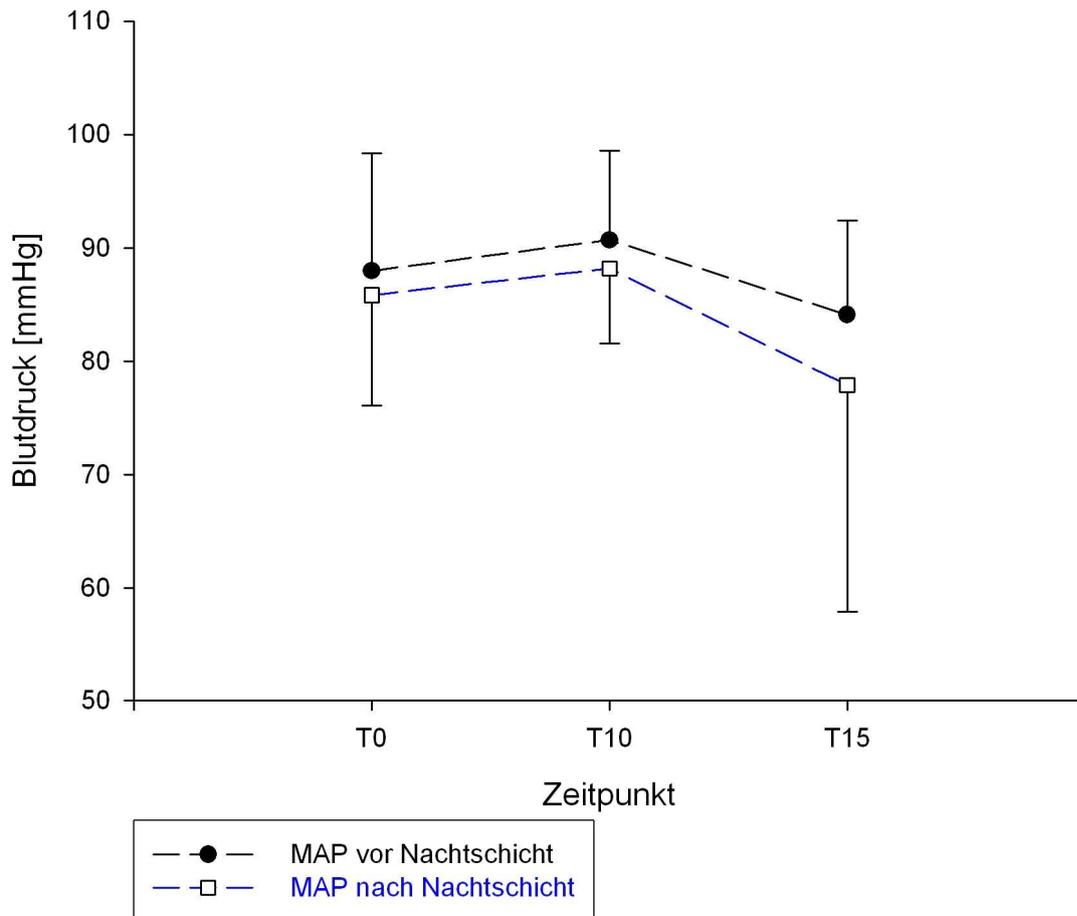
°)Signifikanz zwischen vor und nach Nachtschicht  $p < 0,05$  \*) Signifikant zu Zeitpunkt T1  $p < 0,05$

Im Vergleich der CO CPR zur CVCPR verhalten sich die aufgezeichneten Werte ähnlich und lassen keinen relevanten Unterschied erkennen.

#### 4.6 Blutdruckwerte

Der Blutdruck der Probanden wurde zu den Zeitpunkten T0 (Ruheblutdruck vor Beginn der Herzdruckmassage), T10 (unmittelbar nach Beendigung der Herzdruckmassage) und T15 (am Ende der Ruhephase) gemessen und notiert. In den Graphen sind aufgrund der besseren Übersichtlichkeit nur die mittleren arteriellen Blutdruckwerte aufgezeichnet, die aus dem systolischen und diastolischen Werten errechnet wurden.

Die errechneten mittleren arteriellen Blutdruckwerte waren bei beiden Szenarien (konventionelle Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR) und bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (CO CPR)) nach der Nachtschicht zu allen drei Messpunkten tendenziell niedriger als vor der Nachtschicht. Es zeigten sich keine relevanten Unterschiede in den Werten zwischen den beiden Szenarien (siehe Abb. 17, Seite 41 und Abb. 18, Seite 42).



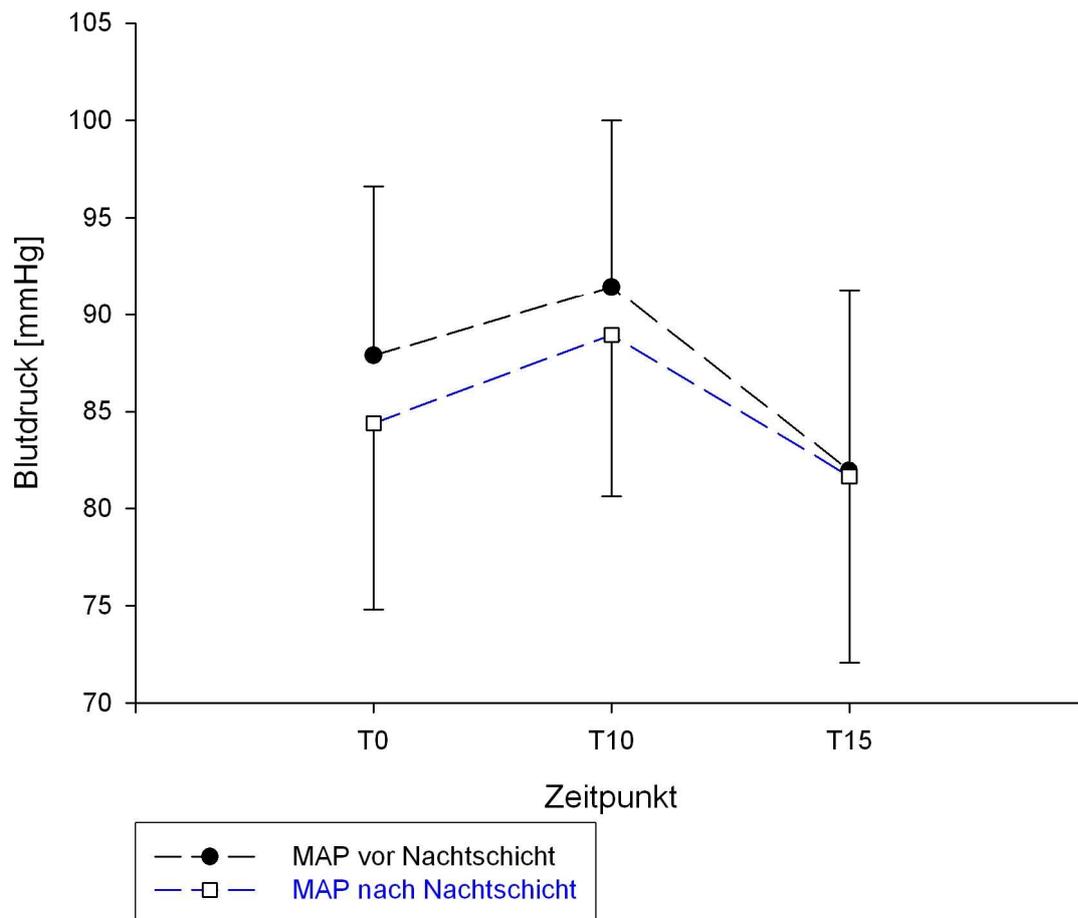
**Abbildung 17: Mittlerer arterieller Druck (MAP) in mmHg bei der konventionellen Herzdruckmassage mit Beatmung (CVCPR)**

MAP der Probanden direkt vor und nach der CVCPR, sowie nach einer 5-minütigen Erholungsphase. Jeweils aus den vor und nach der Nachtschicht gemessenen systolischen und diastolischen Blutdruckwerten errechnet. Alle Angaben als MW ± SD.

	RR systolisch vor einer Nachtschicht	RR MAP vor einer Nachtschicht	RR diastolisch vor einer Nachtschicht	RR systolisch nach einer Nachtschicht	RR MAP nach einer Nachtschicht	RR diastolisch vor einer Nachtschicht
<b>T0</b>	119,77±13,84	88±10,36	72,05±10,87	116,09±11,23	85,82±9,72	70,68±9,8
<b>T10</b>	130,23±13,23	90,68±7,9	70,91±8,26	125±11,34	88,18±6,63	69,77±7,15
<b>T15</b>	111,82±12,4	84,09±8,32	70,23±7,48	109,52±14,4	77,88±19,98	67,62±9,3

**Tabelle 10: Arterielle Blutdruckwerte der Probanden bei der CVCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

Systolischer, mittlerer arterieller Druck (MAP) und diastolischer Blutdruck in mmHg der Probanden direkt vor und nach der CVCPR, sowie nach einer 5-minütigen Erholungsphase. Jeweils vor und nach der Nachtschicht gemessen, mit der manuellen, auskultatorischen Methode nach Korotkow. Alle Angaben als MW ± SD.



**Abbildung 18: Mittlerer arterieller Druck (MAP) bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR).**

MAP der Probanden direkt vor und nach der COCPR, sowie nach einer 5-minütigen Erholungsphase. Jeweils aus den vor und nach der Nachtschicht gemessenen systolischen und diastolischen Blutdruckwerten errechnet. Alle Angaben als MW  $\pm$  SD.

	RR systolisch vor einer Nachtschicht	RR MAP vor einer Nachtschicht	RR diastolisch vor einer Nachtschicht	RR systolisch nach einer Nachtschicht	RR MAP nach einer Nachtschicht	RR diastolisch vor einer Nachtschicht
<b>T0</b>	120,46 $\pm$ 13,62	87,88 $\pm$ 8,73	71,59 $\pm$ 7,62	113,18 $\pm$ 15,08	84,4 $\pm$ 9,59	70 $\pm$ 8,02
<b>T10</b>	130,23 $\pm$ 11,49	91,44 $\pm$ 8,57	72,05 $\pm$ 8,82	127,27 $\pm$ 14,86	88,94 $\pm$ 8,29	69,78 $\pm$ 7,31
<b>T15</b>	110,91 $\pm$ 12,31	81,97 $\pm$ 9,3	67,5 $\pm$ 8,7	107,73 $\pm$ 12,7	81,67 $\pm$ 9,58	68,64 $\pm$ 9,15

**Tabelle 11: Arterielle Blutdruckwerte der Probanden bei der COCPR vor und nach einer Nachtschicht.**

Systolischer, mittlerer arterieller Druck (MAP) und diastolischer Blutdruck in mmHg der Probanden direkt vor und nach der COCPR, sowie nach einer 5-minütigen Erholungsphase. Jeweils vor und nach der Nachtschicht gemessen, mit der manuellen, auskultatorischen Methode nach Korotkow. Alle Angaben als MW  $\pm$  SD.

## 4.7 Abbruchquoten

Bei der konventionellen Herzdruckmassage (CVCPR) beendete jeweils ein Proband vor und nach der Nachtschicht vorzeitig die Messung. Im Durchschnitt wurde damit pro Messung über eine Zeitspanne von  $599,32 \pm 3,12$  Sekunden vor der Nachtschicht und  $598,18 \pm 8,53$  Sekunden nach der Nachtschicht reanimiert. Die Messung dauerte in voller Länge 600 Sekunden.

Dagegen war die Abbruchquote bei der kontinuierlichen Herzdruckmassage ohne Beatmung (COCPR) höher; auch die durchschnittlich erreichte Reanimationszeit war geringer als bei dem Szenario der CVCPR. In der Messung vor der Nachtschicht brachen 4 Probanden vorzeitig ab, bei einer durchschnittlich erreichten Reanimationszeit von  $567,18 \pm 74,52$  Sekunden. Nach der Nachtschicht mussten 7 Probanden abbrechen, bei einer durchschnittlich erreichten Reanimationszeit von  $542,59 \pm 103,47$  Sekunden.

## 5. Diskussion

### 5.1 Wertung der Methodik

Die vorliegende Untersuchung wurde an einem CPR-Simulator (Laerdal Resusci Anne™) durchgeführt, der bereits in vielen Reanimationsstudien zur Anwendung gekommen war und zu Forschungszwecken etabliert ist (10, 22, 35, 36, 49). An diesem Simulator lassen sich die Reanimationsmaßnahmen immer nur unter gleichen genormten Bedingungen durchführen. Dies ermöglicht einerseits einen direkten Vergleich der durch die verschiedenen Probanden erzielten Ergebnisse, lässt andererseits aber die in der Realität gegebene Variabilität physiologischer Parameter wie Alter, Körpergröße und -gewicht, Steifigkeit des Brustkorbs, Begleiterkrankungen usw. unberücksichtigt, die den Erfolg der Reanimationsmaßnahmen beeinflussen können. Insofern lassen sich die gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres auf reale außerklinische und innerklinische Reanimationssituationen übertragen.

Das subjektive Anstrengungsempfinden der Probanden bei Durchführung der unterschiedlichen Reanimationstechniken wurde mit der modifizierten Borg-Skala erfasst, weil sie ein einfach einzusetzendes und leicht verständliches Instrument zur groben Beurteilung des Anstrengungsempfindens darstellt und in vergleichbaren Testsituationen mehrfach mit Erfolg eingesetzt worden war (35,49). Dabei wurde die Reliabilität der Borg-Skala in den meisten Studien mit einem Koeffizienten von  $r > 0,9$  angegeben. Bei Testpersonen, die maximale Testleistungen erbringen, ist dabei besonders auch die gute Test-Retest-Zuverlässigkeit hervorzuheben, während sich bei submaximalen Leistungen größere Schwankungen finden. Physiologische Kriterien, wie Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme, Blutlaktatwert und Atemfrequenz korrelieren mit der Borg-Skala und geben damit zumeist eine gute Vorhersagevalidität (9). In der vorliegenden Untersuchung war allerdings die Korrelation mit der gemessenen Herzfrequenz der Probanden weniger ausgeprägt. Zur Untermauerung des subjektiven Anstrengungsempfindens wurden in dieser Studie zusätzlich als objektive Parameter der Herz-Kreislauf-Belastung die Herzfrequenz und der arterielle Blutdruck der Probanden registriert. Laktat, als weiterer physiologischer Parameter zur Objektivierung der körperlichen Belastung, wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht bestimmt. Trowbridge und Mitarbeiter (49) konnten zeigen, dass der Laktatwert im Blut bei

der COCPR etwas höher ausfällt als bei der CVCPR. Darauf aufbauend könnte in einer weiteren Studie untersucht werden, ob sich Unterschiede in den Blutlaktatwerten von Probanden finden lassen, wenn zwischen zwei Reanimationsszenarien ein Nachtdienst auf einer Intensivstation abgeleistet wurde.

Um den Einfluss der Nachtarbeit auf einer Intensivstation eines Krankenhauses der Maximalversorgung auf das Anstrengungsempfinden und die Qualität der Herzdruckmassage zu erfassen, wurden die Untersuchungen jeweils direkt vor Beginn und nach Ende der Nachtschicht durchgeführt. In Gesprächen stellte sich heraus, dass viele Probanden sich morgens nach Ende der Nachtschicht bereits wieder in besserer körperlicher Verfassung fühlten als während der Nachtschicht. Viele Probanden gaben an, dass sie gegen 3.00 Uhr in der Nacht einen Tiefpunkt ihrer subjektiven Leistungsfähigkeit empfinden würden, was dem in der Literatur beschriebenen zirkadianen Tiefpunkt (02:00 – 04:00 Uhr) entspricht. Eine mögliche Ergänzung dieser Studie wäre eine Untersuchung zu diesem Zeitpunkt.

## **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

### **5.2.1 Einfluss der Nachtarbeit**

Nachtarbeiter sind dazu gezwungen, ihren Schlaf-Wach-Rhythmus der Arbeit anzupassen, was mit einer erheblichen Einschränkung von Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit einhergeht (42). Verschiedene Faktoren erschweren dabei die Anpassung des zirkadianen Rhythmus an die Nachtarbeit. Dazu zählen konstante äußere Taktgeber, wie das Tageslicht, aber auch soziale Faktoren (z.B. ein zu betreuendes Kind) oder Umweltfaktoren wie Lärm. Darüber hinaus gibt es Menschen, die sich besonders schwer anpassen können. Dazu zählen insbesondere ältere Menschen (ab 40 Jahren) oder die sogenannten „Morgenmenschen“, die eine geringe Fähigkeit haben, eine längere Wachheitsphase durch längeren Schlaf am Morgen auszugleichen und dadurch schnell in ein relevantes Schlafdefizit geraten (1). Die körperlichen und gesundheitlichen Auswirkungen der Nachtarbeit müssen in kurzfristige und langfristige Risiken unterteilt werden. Langfristige Risiken wie Stoffwechselstörungen, kardiovaskuläre und gastrointestinale Erkrankungen spielen bei der Bewertung der Ergebnisse der vorliegenden Studie eher eine untergeordnete Rolle. Von größerer Bedeutung sind sicherlich die kurzfristigen Auswirkungen wie zunehmende Müdigkeit und Reaktionsverlangsamung, die

dann zu einer entsprechenden Leistungsminderung führen können, deren Einfluss auf die erhobenen Messwerte im Folgenden bewertet wird.

## **5.2.2 Qualität der Herzdruckmassage**

Die Qualität der Herzdruckmassage vor und nach einer Nachtschicht auf einer Intensivstation wurde anhand der Qualitätsmerkmale „durchschnittliche Kompressionsrate“ und „durchschnittliche Kompressionstiefe“ untersucht. Als Zielkriterien gewählt wurden die in den ERC Leitlinien von 2010 (30) geforderten Kompressionstiefen und Kompressionsraten von mindestens 50 mm bzw. 100-120 Kompressionen/Minute.

### **5.2.2.1 Kompressionsrate**

Die Ergebnisse zeigen sowohl bei der COCPR als auch bei der CVCPR eine tendenziell geringere Kompressionsrate nach Ende der Nachtschicht, wahrscheinlich bedingt durch eine Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit infolge der Absolvierung des nächtlichen Schichtdienstes und dadurch bedingten Ermüdung. Die aufgezeichneten Kompressionsraten lagen jedoch überwiegend im geforderten Bereich der ERC Leitlinien. Insgesamt fand sich in allen vier Messreihen im Verlauf eine leichte Zunahme der Kompressionsfrequenz bei gleichzeitiger Abnahme der erreichten Kompressionstiefe. Möglicherweise neigten die Probanden intuitiv dazu, eine aus körperlicher Erschöpfung resultierende Abnahme der Kompressionstiefe mit einer Steigerung der Kompressionsrate auszugleichen.

### **5.2.2.2 Kompressionstiefe**

Auch bei Betrachtung der Kompressionstiefe fanden sich tendenziell geringere Werte nach der Nachtschicht, sowohl bei der COCPR als auch bei der CVCPR. Auch hierfür ist eine Abnahme der Leistungsfähigkeit in den Morgenstunden nach einer Nachtschicht als Erklärung anzunehmen. Auffällig war, dass bei der CVCPR, die in den ERC Leitlinien von 2010 geforderte Kompressionstiefe von mindestens 50 mm, vor der Nachtschicht ab der dritten Minute (T3) und nach der Nachtschicht bereits ab der zweiten Minute (T2) unterschritten wurde. Bei der Messreihe zur COCPR wurde die geforderte Kompressionstiefe zu keinem Zeitpunkt erreicht. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen zahlreicher anderer Studien. Sugerman und Mitarbeiter publizierten 2009 eine Studie (48), in der reale Herzdruckmassagen durch ein Feedbackgerät aufgezeichnet wurden. Es wurden 135 Blöcke von COCPR mit einer durchschnittlichen Dauer von 112 Sekunden aufgezeichnet. Bereits in den ersten 30 Sekunden

erreichte die durchschnittliche Kompressionstiefe nur  $48,3 \pm 9,6$  mm und fiel kontinuierlich ab. Studien von Heidenreich und Mitarbeitern aus den Jahren 2006 und 2010 unterstreichen ebenfalls die These, dass die Qualität der Herzdruckmassage mit der Zeit nachlässt. Beide Studien forderten eine Kompressionstiefe von mindestens 38 mm, was den ERC Leitlinien von 2005 entsprach und zählten als Messergebnis die Anzahl der korrekt durchgeführten Herzdruckmassagen pro Minute. Die Studie aus dem Jahr 2006 wurde mit jungen Medizinstudenten und die Studie aus dem Jahr 2010 mit älteren Probanden (älter als 60 Jahre) durchgeführt. Im Vergleich der COCPR mit der CVCPR fand sich in beiden Studien eine Verminderung der korrekt durchgeführten Kompressionen über die Zeit, bei der COCPR ausgeprägter als bei der CVCPR (22, 23). Eine Studie von Trowbridge und Mitarbeitern aus dem Jahr 2009 untersuchte 20 gesunde Frauen, die eine 10-minütige Herz-Lungen-Wiederbelebung am Simulator mit COCPR und CVCPR durchführten. In dieser Studie war ebenfalls nur eine Kompressionstiefe von mindestens 38 mm gefordert. Es zeigt sich auch hier, dass bei der COCPR eine über die Zeit gemittelte Kompressionstiefe von nur  $39,2 \pm 4,1$  mm im Vergleich zur CVCPR von  $42,0 \pm 2,5$  mm erreicht wurde. Die Abbruchquote der Probanden war bei der COCPR mit drei von 20 Probanden ebenfalls höher als bei der CVCPR, die kein Proband abbrach (49). Min und Mitarbeiter veröffentlichten 2013 eine Studie, in der untersucht werden sollte, wie der Abnahme der Kompressionstiefe bei der COCPR entgegengewirkt werden kann. Sie postulierten, dass sich die Qualität der Herzdruckmassage bei der COCPR durch Einfügen einer kurzen Pause verbessern lässt, ähnlich der Pause zur Beatmung bei der CVCPR. 63 Studenten im Alter von  $23 \pm 2,33$  Jahren führten in randomisierter Reihenfolge entweder die COCPR ohne Pause, die COCPR mit 10-sekündiger Pause nach 100 Kompressionen oder die COCPR mit 10-sekündiger Pause nach 200 Kompressionen durch. Alle drei Methoden wurden über einen Zeitraum von 10 Minuten mit einer geforderten Kompressionstiefe von mindestens 50 mm durchgeführt. Die 10/100-Methode zeigte dabei die effektivsten Kompressionstiefen, mit einer Kompressionstiefe von über 50 mm während der gesamten 10 Minuten. Die COCPR ohne Pause führte, wie in der vorliegenden Untersuchung, zu ineffektiveren Ergebnissen, mit einem Abfall der Kompressionstiefe unter 50 mm ab der dritten Minute (36). Welche Methode der Wiederbelebungsmaßnahmen nun die geeignetste in Hinblick auf Qualität, Outcome des Patienten und Durchführbarkeit für den Laienhelfer ist, wird wohl Gegenstand der zukünftigen Forschung sein.

### **5.2.3 Körperliche Anstrengung**

Die körperliche Anstrengung für den Probanden während der COCPR und CVCPR wurde mit drei verschiedenen Parametern aufgezeichnet. Zur Erfassung des subjektiven Anstrengungsempfindens wurde eine modifizierte Borg-Skala verwendet, als objektive Parameter dienten die Herzfrequenz- und Blutdruckwerte der Probanden.

#### **5.2.3.1 Subjektives Anstrengungsempfinden**

Zur Darstellung des Anstrengungsempfindens wurde eine visuelle Analogskala (modifizierte Borg-Skala) mit Werten von 6 bis 20 (6 als niedrigstes und 20 als höchstes Anstrengungsempfinden) genutzt. Diese oder ähnliche Methoden zur Darstellung des Anstrengungsempfindens wurden bereits in mehreren Studien zu der hier behandelten Thematik genutzt. So nutzten McDonald und Mitarbeiter eine visuelle Analogskala von 0 bis 100, um die Ermüdung am Ende einer 5-minütigen Reanimation darzustellen (35). Trowbridge und Mitarbeiter verwendeten eine Borg Skala von 6 bis 17 und befragten die Probanden nach 5 Minuten CPR und am Ende der CPR (49).

In der vorliegenden Studie gaben die Probanden sowohl bei der COCPR als auch bei der CVCPR beim Vergleich ihres subjektiven Anstrengungsempfindens vor Beginn und nach Ende einer Nachtschicht keine signifikanten Unterschiede an, während über den 10-minütigen Verlauf der Herzdruckmassage das Anstrengungsempfinden erwartungsgemäß anstieg und ab dem Zeitpunkt T5 signifikant erhöht war. Die Probanden empfanden bei beiden Methoden (COCPR und CVCPR) keinen Unterschied zwischen dem Zeitpunkt vor und nach einer Nachtschicht, obwohl die Qualität der Herzdruckmassage nach der Nachtschicht tendenziell geringer war. Insgesamt blieben die Probanden auf dem gleichen subjektiven Belastungslevel, auf Kosten der Qualität der Herzdruckmassage, gemessen anhand der geringeren Kompressionstiefe.

Verglichen mit der CVCPR empfanden die Probanden die COCPR tendenziell als anstrengender. Diese Ergebnisse stützen nochmals die Studie von Trowbridge und Mitarbeitern, in der sich die COCPR ebenfalls anstrengender als die CVCPR erwies (49).

Chi und Mitarbeiter veröffentlichten 2009 eine Studie, bei der verschiedene Kompressions-Beatmungs-Verhältnisse am Simulator verglichen wurden. Die Methode mit einem Verhältnis von 15:2 wurde mit einem Wert von  $3,4 \pm 1,6$  auf einer Skala von 0 bis 10 nach einer 5-minütigen Herz-Lungen-Wiederbelebung als am wenigsten anstrengend empfunden. Je höher die Anzahl der Kompressionen wurde, desto anstrengender empfanden die Probanden die

Methode. Das Verhältnisse 30:2 und 50:5 wurden mit  $4,1 \pm 1,4$  bzw. mit  $4,4 \pm 1,5$  bewertet (10).

### **5.2.3.2 Herzfrequenz**

#### **5.2.3.2.1 Ruhefrequenz**

Bei der CVCPR und der COCPR waren die Ruhefrequenzen der Probanden vor Beginn der Herz-Lungen-Wiederbelebung vor der Nachtschicht signifikant höher als nach der Nachtschicht. Insgesamt waren die Ruhefrequenzen im Vergleich zu den physiologischen Normalwerten von 60 – 80/Minuten in allen vier Messreihen erhöht. Die Messung der CVCPR ergab vor der Nachtschicht eine durchschnittliche Herzfrequenz von  $103 \pm 19/\text{min.}$  und nach der Nachtschicht  $89 \pm 17/\text{min.}$  Ähnlich verhalten sich die Werte bei der COCPR mit  $97 \pm 14/\text{min}$  vor- und  $87 \pm 17/\text{min}$  nach der Nachtschicht. Eine Erklärung für die insgesamt erhöhten Herzfrequenzwerte könnte die Aufregung der Probanden bei Beginn der Aufzeichnung sein. Diese Einflüsse lassen sich in einer Studie am Simulator nicht sicher ausschließen. Die geringeren Ruhefrequenzen nach der Nachtschicht resultieren möglicherweise aus der erhöhten Müdigkeit, die eine Aufregung, wie vor der Nachtschicht vermutet, aufhebt.

#### **5.2.3.2.2 Herzfrequenz während der CPR**

Die aufgezeichneten Herzfrequenzen während der Durchführung der Herz-Lungen-Wiederbelebung waren bei CVCPR und COCPR zu allen Zeitpunkten (T1 – T10) vor der Nachtschicht höher als nach der Nachtschicht. Bei der CVCPR war der Unterschied zu T1 statistisch signifikant und zu den Zeitpunkten T2 – T10 nur tendenziell höher. In den COCPR-Aufzeichnungen waren die Unterschiede zu den Zeitpunkten T1-T3 statistisch signifikant und die weiteren Werte tendenziell unterschiedlich.

Über den Zeitverlauf T1 – T10 nahmen die Herzfrequenzen in allen vier Messreihen kontinuierlich zu und waren im Vergleich zur Ruhefrequenz signifikant erhöht. Diese Beobachtung zeigt, dass die Zunahme des subjektiven Anstrengungsempfindens auch mit den objektiven, physiologischen Messwerten korreliert, allerdings nicht in dem Maße, wie es bei der Anwendung der Borg-Skala üblicherweise angenommen wird. Bei Anwendung der Borg-Skala wird angenommen, dass der vom Probanden angegebene Wert auf der Borg-Skala mit 10 multipliziert in etwa der Herzfrequenz des Probanden entspricht (9). In der vorliegenden Studie ließ sich dies nicht bestätigen. Exemplarisch soll hier das subjektive

Anstrengungsempfinden vor der Nachtschicht zum Zeitpunkt T10 mit  $19 \pm 1$  genannt werden, was einer Herzfrequenz von größer als 180/Minute entsprechen würde. Der gemessene Wert betrug allerdings nur  $149 \pm 22/\text{min}$ . Auch die Zunahme des Anstrengungsempfindens über den Zeitverlauf von T1 bis T10 war in allen vier Messreihen ausgeprägter als die Zunahme der Herzfrequenz zu den korrespondierenden Zeitpunkten.

#### **5.2.3.2.3 Herzfrequenz während der Erholungsphase**

In den aufgezeichneten 5-minütigen Erholungsphasen nach Durchführung der CO CPR und CV CPR nahm die Herzfrequenz jeweils kontinuierlich ab, wobei sich nach Ende der Nachtschicht wiederum signifikant niedrigere Werte fanden als vor Beginn der Nachtschicht.

#### **5.2.3.3 Blutdruck**

Der mittlere arterielle Blutdruck (MAP) wurde in dieser Studie als ein physiologischer Parameter der körperlichen Anstrengung herangezogen und zu den Zeitpunkten T0, T10 und T15 aus den gemessenen systolischen und diastolischen Blutdruckwerten errechnet. In beiden Messreihen (CV CPR und CO CPR) war der MAP vor Beginn der Nachtschicht an allen drei Messpunkten im Vergleich zur Messung nach der Ende der Nachtschicht tendenziell erhöht, möglicherweise wiederum zurückzuführen auf die Aufregung in der ungewohnten Übungssituation vor Beginn der Nachtschicht, sowie auf die Ermüdung nach Ende der Nachtschicht.

Nach dem gemessenen Ruhe-MAP zu T0 stieg der Wert bis T10 in allen Messungen an, was den Erwartungen eines erhöhten Blutdrucks bei Anstrengung entsprach. Anschließend fiel der MAP bis zum Ende der Erholungsphase (T15) ab, bei allen vier Messreihen (CV CPR und CO CPR je vor und nach der Nachtschicht) sogar unter den Ausgangswert von T0. Chi und Mitarbeiter nutzten in einer Studie (10), in der bei der Herz-Lungen-Wiederbelebung verschiedene Kompressions-Ventilations-Verhältnisse untersucht wurden, ebenfalls als Parameter zur Erfassung der körperlichen Anstrengung, die konventionelle Blutdruckmessung nach Riva Rocci und die Aufzeichnung der Herzfrequenz. Die Ergebnisse zeigten bei allen Messreihen (Kompressions-Ventilations-Verhältnis 15:2, 30:2 oder 50:5) ebenfalls einen Anstieg des MAP und der Herzfrequenz, allerdings nicht so ausgeprägt wie in der vorliegenden Untersuchung.

### **5.3 Schlussfolgerung**

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist die Qualität der Herzdruckmassage, gemessen an den erzielten Kompressionsraten und -frequenzen, sowohl bei Durchführung der CVCPR als auch der COCPR nach Ende einer Nachtschicht auf einer Intensivstation schlechter als vor Beginn einer Nachtschicht. Anhand des subjektiven Anstrengungsempfindens lässt sich diese Abnahme der Qualität jedoch nicht verifizieren, da die Probanden die Durchführung vor und nach Ende der Nachtschicht als gleichermaßen anstrengend empfanden. Umgekehrt kann angenommen werden, dass bei einer Belastung auf ein gleiches Anstrengungsniveau die Abnahme der Kompressionsraten und Kompressionstiefen direkt die körperliche Erschöpfung nach Ableistung eines Nachtdienstes reflektieren.

Die CVCPR zeigt sich dabei in der Studie als die Methode, mit der eine bessere Qualität der Herzdruckmassage über einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten werden kann, allerdings mit einer geringeren Kompressionszahl pro Minute im Vergleich zur COCPR. Bei Durchführung der COCPR z.B. bei intubierten Patienten, bei denen die Beatmung und Herzdruckmassage unabhängig voneinander erfolgen kann, sollte nach jeweils 2 Minuten die Person, die die Herzdruckmassage ausführt ausgewechselt werden. Dies wird auch in den ERC Leitlinien von 2010 empfohlen.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Akerstedt T (1990) Psychological and psychophysiological effects of shift work. *Scandinavian journal of work, environment & health* 16 Suppl 1:67-73
2. Atwood C, Eisenberg MS, Herlitz J, Rea TD (2005) Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in Europe. *Resuscitation* 67:75-80
3. Baker AB (1971) Artificial respiration, the history of an idea. *Medical history* 15:336-351
4. Bayer M (1979) Emergency thoracotomy and internal cardiac massage. *Topics in Emergency Medicine* 1:96
5. BECK CS, PRITCHARD WH, FEIL HS (1947) Ventricular fibrillation of long duration abolished by electric shock. *Journal of the American Medical Association* 135:985
6. Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R (2012) 23.3 Schlafen, Wachen, Aufmerksamkeit - Der zirkadiane Rhythmus. *Duale Reihe Anatomie* 2:769-769
7. Bobrow BJ, Zuercher M, Ewy GA, Clark L, Chikani V, Donahue D, Sanders AB, Hilwig RW, Berg RA, Kern KB (2008) Gasping during cardiac arrest in humans is frequent and associated with improved survival. *Circulation* 118:2550-2554
8. Boggild H and Knutsson A (1999) Shift work, risk factors and cardiovascular disease. *Scandinavian journal of work, environment & health* 25:85-99
9. Borg, Gunnar, em. Prof. Dr. phil. (2004) Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt* Jg. 101, Heft 15:1016-1021
10. Chi CH, Tsou JY, Su FC (2010) Effects of compression-to-ventilation ratio on compression force and rescuer fatigue during cardiopulmonary resuscitation. *The American Journal of Emergency Medicine* 28:1016-1023
11. Cooper JA, Cooper JD, Cooper JM (2006) Cardiopulmonary resuscitation: history, current practice, and future direction. *Circulation* 114:2839-2849
12. Deakin CD, Nolan JP, Soar J, Sunde K, Koster RW, Smith GB, Perkins GD (2010) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 81:1305-1352
13. DeBard ML (1980) The history of cardiopulmonary resuscitation. *Annals of Emergency Medicine* 9:273-275
14. Diack A, Welborn W, Rullman R, Walter C, Wayne M (1979) An automatic cardiac resuscitator for emergency treatment of cardiac arrest. *Med Instrum* 13:78

15. Donga E, van Dijk M, van Dijk JG, Biermasz NR, Lammers GJ, van Kralingen KW, Corssmit EP, Romijn JA (2010) A single night of partial sleep deprivation induces insulin resistance in multiple metabolic pathways in healthy subjects. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism* 95:2963-2968
16. Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J, Wik L, Myklebust H, Barry AM, Merchant RM, Hoek TL, Steen PA, Becker LB (2006) Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation* 71:137-145
17. Eftestol T, Sunde K, Steen PA (2002) Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 105:2270-2273
18. Field JM, Hazinski MF, Sayre MR, Chameides L, Schexnayder SM, Hemphill R, Samson RA, Kattwinkel J, Berg RA, Bhanji F, Cave DM, Jauch EC, Kudenchuk PJ, Neumar RW, Peberdy MA, Perlman JM, Sinz E, Travers AH, Berg MD, Billi JE, Eigel B, Hickey RW, Kleinman ME, Link MS, Morrison LJ, O'Connor RE, Shuster M, Callaway CW, Cucchiara B, Ferguson JD, Rea TD, Vanden Hoek TL (2010) Part 1: executive summary: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 122:S640-56
19. Frima Laerdal S, Schweden Gebrauchsanweisung Resusci Anne. 2012:4-52
20. Grasner JT, Gries A, Bein B, Scholz J, Jantzen T, Bernhard M (2011) In-hospital resuscitation--definitely better than in the field? *Anesthesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie* : AINS 46:476-485
21. Gurvich N and Yuniev S (1946) Restoration of a regular rhythm in the mammalian fibrillating heart. *Am Rev Soviet Med* 3:236
22. Heidenreich JW, Berg RA, Higdon TA, Ewy GA, Kern KB, Sanders AB (2006) Rescuer fatigue: standard versus continuous chest-compression cardiopulmonary resuscitation. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine* 13:1020-1026
23. Heidenreich JW, Bonner A, Sanders AB (2010) Rescuer Fatigue in the Elderly: Standard vs. Hands-only CPR. *The Journal of emergency medicine*
24. Heitmann J (2010) Berufliche Belastungen für Anästhesisten - Belastungen und gesundheitliche Störungen durch Schichtarbeit. *AINS, Anästhesie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie* 45:640-646
25. Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J, Swedish Cardiac Arrest Registry (2001) Factors modifying the effect of bystander cardiopulmonary resuscitation on survival in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *European heart journal* 22:511-519

26. Institute for Medical Informatics, Statistics and Documentation Medical University of Graz <http://www.randomizer.at/>.
27. Iwami T, Kawamura T, Hiraide A, Berg RA, Hayashi Y, Nishiuchi T, Kajino K, Yonemoto N, Yukioka H, Sugimoto H, Kakuchi H, Sase K, Yokoyama H, Nonogi H (2007) Effectiveness of bystander-initiated cardiac-only resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 116:2900-2907
28. JUDE JR, KOUWENHOVEN WB, KNICKERBOCKER GG (1964) External Cardiac Resuscitation. *Monographs in the surgical sciences* 1:59-63
29. Knutsson A, Hammar N, Karlsson B (2004) Shift workers' mortality scrutinized. *Chronobiology international* 21:1049-1053
30. Koster RW, Baubin MA, Bossaert LL, Caballero A, Cassan P, Castrén M, Granja C, Handley AJ, Monsieurs KG, Perkins GD, Raffay V, Sandroni C (2010) Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener und Verwendung automatisierter externer Defibrillatoren Sektion 2 der Leitlinien zur Reanimation 2010 des European Resuscitation Council. *Notfall Rettungsmed* 2010 13:523-542
31. KOUWENHOVEN WB, JUDE JR, KNICKERBOCKER GG (1961) Cardiac arrest. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 128:1063
32. KOUWENHOVEN WB, JUDE JR, KNICKERBOCKER GG (1960) Closed-chest cardiac massage. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 173:1064-1067
33. Luther M Zweites Buch der Könige. Die Bibel Zweites Buch der Könige, 4, 34-35:
34. Mc William J (1889) Cardiac failure and sudden death. *BMJ* 5:6-8
35. McDonald CH, Heggie J, Jones CM, Thorne CJ, Hulme J (2012) Rescuer fatigue under the 2010 ERC guidelines, and its effect on cardiopulmonary resuscitation (CPR) performance. *Emergency medicine journal : EMJ*
36. Min MK, Yeom SR, Ryu JH, Kim YI, Park MR, Han SK, Lee SH, Cho SJ (2013) A 10-s rest improves chest compression quality during hands-only cardiopulmonary resuscitation: A prospective, randomized crossover study using a manikin model. *Resuscitation*
37. Mirowski M, Mower MM, Reid PR (1981) Treatment of malignant ventricular arrhythmias in man with an implanted automatic defibrillator. *Critical Care Medicine* 9:388-389
38. Mutchner L (2007) The ABCs of CPR--again. *The American Journal of Nursing* 107:60-9; quiz 69-70
39. Nolan JP, Soar J, Zideman DA, Biarent D, Bossaert LL, Deakin C, Koster RW, Wyllie J, Bottiger B, ERC Guidelines Writing Group (2010) European Resuscitation Council

Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. Resuscitation 81:1219-1276

40. Prevost J and Battelli F (1899) La mort par les courants electriques-courants alternatifs a haute tension. J Physicol Pathol. 1:427
41. Puttonen S, Harma M, Hublin C (2010) Shift work and cardiovascular disease - pathways from circadian stress to morbidity. Scandinavian journal of work, environment & health 36:96-108
42. Rüdiger HW (2006) Schicht- und Nachtarbeit aus Sicht der Arbeitsmedizin. Deutsche Medizinische Wochenschrift 131, Nr. 44:2451-2452
43. Rüdiger HW (2004) Gesundheitliche Probleme bei Nacht- und Schichtarbeit sowie beim Jetlag. Der Internist 45:1021-1025
44. SAFAR P, BROWN TC, HOLTEY WJ, WILDER RJ (1961) Ventilation and circulation with closed-chest cardiac massage in man. JAMA : the journal of the American Medical Association 176:574-576
45. Sans S, Kesteloot H, Kromhout D (1997) The burden of cardiovascular diseases mortality in Europe. Task Force of the European Society of Cardiology on Cardiovascular Mortality and Morbidity Statistics in Europe. European heart journal 18:1231-1248
46. Silvester H (1858) A new method of resuscitating stillborn children and of restoring persons apparently dead or drowned. BMJ 2:576
47. SOS-KANTO study group (2007) Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO): an observational study. Lancet 369:920-926
48. Sugerman NT, Edelson DP, Leary M, Weidman EK, Herzberg DL, Vanden Hoek TL, Becker LB, Abella BS (2009) Rescuer fatigue during actual in-hospital cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: a prospective multicenter study. Resuscitation 80:981-984
49. Trowbridge C, Parekh JN, Ricard MD, Potts J, Patrickson WC, Cason CL (2009) A randomized cross-over study of the quality of cardiopulmonary resuscitation among females performing 30:2 and hands-only cardiopulmonary resuscitation. BMC nursing 8:6-6955-8-6
50. Tuffier and Hallion (1898) Open heart massage for cardiac arrest due to pulmonary embolism. Bull Mem Soc Chir Paris 24:937-939
51. Valenzuela TD, Roe DJ, Cretin S, Spaite DW, Larsen MP (1997) Estimating effectiveness of cardiac arrest interventions: a logistic regression survival model. Circulation 96:3308-3313

52. Waalewijn RA, Tijssen JG, Koster RW (2001) Bystander initiated actions in out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: results from the Amsterdam Resuscitation Study (ARRESUST). Resuscitation 50:273-279
53. Wever RA (1984) Properties of human sleep-wake cycles: parameters of internally synchronized free-running rhythms. Sleep 7:27-51
54. ZOLL PM, LINENTHAL AJ, GIBSON W, PAUL MH, NORMAN LR (1956) Termination of ventricular fibrillation in man by externally applied electric countershock. The New England journal of medicine 254:727-732
55. <http://www.kai.uniklinikum-jena.de/KAI/Deutsch/Studium+und+Lehre/Notfallmedizin/ERC+-+Algorithmen+und+Richtlinien/ERC+-+Algorithmen/BLS+-+Basisma%C3%9Fnahmen+zur+Wiederbelebung?sid=TPNy8DL9FszFBUSE9rkOtg&iid=1>
56. <http://www.kai.uniklinikum-jena.de/KAI/Deutsch/Studium+und+Lehre/Notfallmedizin/ERC+-+Algorithmen+und+Richtlinien/ERC+-+Algorithmen/ALS+-+Advanced+Life+Support?sid=TPNy8DL9FszFBUSE9rkOtg&iid=1>
57. <http://www.laerdal.com>

## 7. Abkürzungsverzeichnis

Abb	Abbildung
AED	Automatischer externer Defibrillator
ALS	Advanced Life Support
ASA	American Society of Anesthesiologists
BLS	Basic Life Support
cm	Centimeter
CO CPR	Compression only cardiopulmonary resuscitation (Reanimation nur mit Herzdruckmassage, ohne Beatmung)
CVCPR	Compression ventilation cardiopulmonary resuscitation (Reanimation mit Herzdruckmassage und Beatmung im Verhältnis 30:2)
AE	Anstrengungsempfinden
HF	Herzfrequenz
KR	Kompressionsrate
KT	Kompressionstiefe
MAP	mittlerer arterieller Druck
EKG	Elektrokardiogramm
ERC	European Resuscitation Council
HLW	Herz-Lungen-Wiederbelebung
IOI	Interdisziplinäre operative Intensivstation
kg	Kilogramm
m/w	männlich/weiblich
min	Minute
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule, Einheit des Blutdrucks
n/min	number per minute (Anzahl pro Minute)
Ncl	Nucleus
R/L	rechts/links
SD	Standard deviation (Standardabweichung)
sec	Sekunde
z.B.	zum Beispiel

## 8. Publikationen

**S.Franken**, E.Reus, M.Wrobel, U. Grundmann

Auswirkungen nächtlicher Schichtarbeit auf die körperliche Belastbarkeit von Intensivpflegepersonal und die Qualität der Herzdruckmassage bei der Herz-Lungen-Wiederbelebung nach den ERC Leitlinien von 2010

Abstract Deutscher Anästhesie Kongress, Hamburg, 2011

E. Reus, **S. Franken**, M. Wrobel, U. Grundmann

Influence of night-shift working on the physical strain of intensive care nurses and on the quality of cardio-pulmonary resuscitation

Abstract Euroanaesthesia Congress 2012, Paris

## **9. Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt allen, die mich bei der Erstellung dieser Doktorarbeit unterstützt haben. Herrn Prof. Dr. med. Ulrich Grundmann für die Überlassung des Themas, sowie Herrn Erik Reus für die Betreuung.

Allen Studienteilnehmerinnen und –teilnehmern der Intensivstationen der Uni Klinik Homburg, ohne die die Erhebung der Daten für die vorliegende Studie nicht möglich gewesen wäre.

Mein weiterer Dank gilt dem Personal des Simulatorzentrums der Uni Klinik Homburg für die Bereitstellung des nötigen Equipments.

Zuletzt gilt mein Dank meiner Familie und meiner Ehefrau für die Unterstützung bei der Verwirklichung dieser Arbeit.